



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

CENTRO DE CIÊNCIAS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA

BRUNO PEIXOTO DE OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO DOS LIVROS DIDÁTICOS DE QUÍMICA E AS CONCEPÇÕES DE
ALUNOS DE ENSINO MÉDIO E SUPERIOR SOBRE O CONTEÚDO FENÔMENOS
ESPONTÂNEOS**

FORTALEZA

2014

BRUNO PEIXOTO DE OLIVEIRA

AVALIAÇÃO DOS LIVROS DIDÁTICOS DE QUÍMICA E AS CONCEPÇÕES DE
ALUNOS DE ENSINO MÉDIO E SUPERIOR SOBRE O CONTEÚDO FENÔMENOS
ESPONTÂNEOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Química da Universidade
Federal do Ceará como requisito parcial para
obtenção do Título de Mestre em Química.
Área de Concentração: Físico-Química.

Orientador: Prof. Dr. Pierre Basílio Almeida
Fechine

FORTALEZA

2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

-
- O45a Oliveira, Bruno Peixoto de.
Avaliação dos livros didáticos de química e as concepções de alunos de Ensino Médio e Superior sobre o conteúdo fenômenos espontâneos / Bruno Peixoto de Oliveira. – 2014.
78 f. : il., enc. ; 30 cm.
- Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Departamento de Química Analítica e Físico-Química, Programa de Pós-Graduação em Química, Fortaleza, 2014.
Área de concentração: Físico-Química.
Orientação: Prof. Dr. Pierre Basílio Almeida Fachine.
1. Ensino de Química. 2. Livros didáticos. I. Título.

Esta Dissertação foi aprovada como parte dos requisitos necessários à obtenção do Grau de Mestre em Química, área de concentração Físico-Química, outorgada pela Universidade Federal do Ceará, em cuja Biblioteca de Ciências e Tecnologia/UFC encontra-se à disposição dos interessados.


Bruno Peixoto de Oliveira

DISSERTAÇÃO APROVADA EM: 02/10/2014.

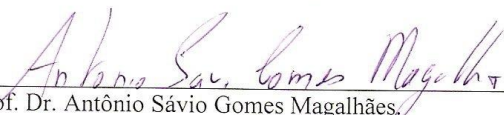
EXAMINADORES:



Prof. Dr. Francisco Belmino Romero
Universidade Federal do Ceará – UFC



Prof. Dr. Francisco Audísio Dias Filho
Universidade Federal do Ceará – UFC



Prof. Dr. Antônio Sávio Gomes Magalhães
Universidade Estadual do Ceará – UECE

Dedico este trabalho a minha avó
Maria Iná Aragão Peixoto (*in memoriam*).

AGRADECIMENTOS

Ao Senhor Deus pelo dom da vida, pela força necessária para lutar pelos meus objetivos, auxílio nos momentos de dificuldades, a quem agradeço pelos momentos felizes e por me guiar em todos os momentos de minha vida. A Ele sempre damos graças e louvores.

À minha mãe e a minha avó, meus alicerces, meus exemplos, por todo o amor e carinho dedicados a mim, por tudo o que me ensinaram sobre a vida e o quanto se esforçaram pra que eu pudesse chegar até aqui.

A minha família aqui em Fortaleza que me recebe como um filho.

Ao Professor Pedro de Lima Neto pela oportunidade inicial de orientação quando recém-chegado a Universidade Federal do Ceará.

Ao Professor Francisco Belmino Romero, que acreditou na realização deste trabalho aceitando ser meu coorientador, e por todos os ensinamentos acadêmicos e de vida que ele me proporcionou durante este breve período, certamente uma amizade que quero preservá-la para o restante da vida.

Ao Professor Pierre Basílio Almeida Fachine meu orientador e amigo que também acreditou nesse projeto e se dedicou ao máximo para realizá-lo com excelência, contribuindo com suas opiniões e sugestões sempre acrescentando a sua visão para a melhoria do trabalho.

Aos meus amigos de laboratório DeJane de Oliveira, Wirley Ribeiro, Professor Paulo Naftali, Janmille Aragão, Leandro Mendonça, Amanda Cardoso e todos aqueles que fazem o dia-a-dia do laboratório menos formal e mais agradável.

Aos professores, gestores e alunos das escolas e Licenciaturas que foram campo de estudo do trabalho pela excelente recepção e colaboração para a pesquisa desenvolvida.

Enfim, a todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho e para minha formação acadêmica e pessoal, muito obrigado a todos.

RESUMO

A Termodinâmica como um ramo experimental e aplicado da Ciência pode se tornar uma importante ferramenta no processo de ensino e aprendizagem, visto que, através deste caráter aplicado pode facilitar para o aluno a visualização dos conceitos estudados em sala de aula. Este trabalho se propôs a analisar e avaliar a abordagem do conteúdo “Processos Espontâneos” nos livros didáticos de Química, atualmente recomendados pelo Ministério da Educação através do Guia de Livros Didáticos. Foi realizada uma análise dos livros didáticos atualmente recomendados pelo Ministério da Educação com o objetivo de compreender como o conteúdo “Processos Espontâneos” era abordado e se estava em adequação com as orientações contidas em documentos legais do MEC. Através de questionários aplicados com questões objetivas e subjetivas apresentando fenômenos cotidianos foram analisadas as concepções de alunos do Ensino Médio regular e profissional sobre fenômenos espontâneos, bem como de alunos recém-admitidos no curso de Licenciatura em Química das cidades de Fortaleza e Itapipoca. Seguindo as normas do Programa Nacional do Livro Didático dos cinco livros atualmente recomendados, apenas um foi considerado adequado para os processos espontâneos, pois este aborda entropia fazendo sua ligação com a Segunda Lei da Termodinâmica e através de exemplos cotidianos. Um diferencial em relação aos outros livros analisados foi que este material, também aborda outra função termodinâmica que descreve os processos espontâneos em condições mais corriqueiramente encontradas em laboratórios, ou seja, em temperatura e pressão constante, que é a energia de Gibbs. Ficou evidenciado que os alunos, através do senso comum, conseguem com certa facilidade descrever um processo como espontâneo ou não. Entretanto, quando questionados sobre qual o fator que determinaria se um dado fenômeno ocorre espontaneamente (energia de Gibbs), são evidenciados equívocos e confusões. Este fato pode estar associado à lacuna deixada atualmente pelos livros indicados e utilizados nas escolas investigadas neste trabalho. Propõe-se ainda, através destes resultados, sugerir esse conteúdo nos livros didáticos e uma abordagem através da visualização e compreensão dos fenômenos cotidianos conforme orientações do MEC.

Palavras chave: espontaneidade, livros didáticos, energia de Gibbs.

ABSTRACT

Thermodynamics as an experimental branch of applied science and may become an important tool in the teaching and learning process, since, through this character can apply for the student to facilitate visualization of the concepts studied in class. This study aimed to analyze and evaluate the approach of content "Spontaneous Processes" in textbooks of Chemistry, currently recommended by the Ministry of Education through Textbooks Guide. An analysis of the textbooks currently recommended by the Ministry of Education with the goal of understanding how content "Spontaneous Processes" was held was approached and was in compliance with the guidelines contained in legal documents MEC. Through questionnaires with objective and subjective questions were presenting everyday phenomena analyzed the conceptions of students in regular and vocational high school on spontaneous phenomena, as well as newly admitted to the Bachelor's Degree in Chemistry from the cities of Fortaleza and Itapipoca students. Following the standards of the National Textbook Program of the five books currently recommended only one was deemed appropriate for the spontaneous processes, as this addresses entropy making their connection with the Second Law of Thermodynamics and through everyday examples. A differential with other books has been analyzed that this material also addresses another thermodynamic function that describes the spontaneous processes under conditions routinely found in most laboratories, i.e. constant temperature and pressure, which is the Gibbs energy. It was evident that students, through common sense, can quite easily describe a process as spontaneous or not. However, when asked which factor would determine whether a given phenomenon occurs spontaneously (Gibbs energy), misunderstandings and confusion are evident. This fact can be associated with the gap now left by the books indicated and used in schools investigated in this work. It is further proposed, using these results suggest that content in textbooks and an approach through the visualization and understanding of everyday phenomena as the MEC guidelines.

Keywords: spontaneity, textbooks, Gibbs energy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Distribuição Percentual de Acertos dos Estudantes das Escolas Regulares 1 e 2 em relação ao Questionário 1	47
Figura 2	Distribuição Percentual de Acertos dos Estudantes das Escolas Regulares 1 e 2 em relação ao Questionário 2	51
Figura 3	Distribuição Percentual de Acertos dos Estudantes das Escolas Profissionais 1 e 2 em relação ao Questionário 1	54
Figura 4	Distribuição Percentual de Acertos dos Estudantes das Escolas Profissionais 1 e 2 em relação ao Questionário 2	58
Figura 5	Distribuição Percentual de Acertos dos Estudantes das Licenciaturas em Química 1 e 2 em relação ao Questionário 1	62
Figura 6	Distribuição Percentual de Acertos dos Estudantes das Licenciaturas em Química 1 e 2 em relação ao Questionário 2	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Livros Didáticos de Química Recomendados pelo PNLD que foram Analisados	23
Tabela 2	Escolas do Ensino Médio Campo de Pesquisa e número de Alunos Investigados	26
Tabela 3	Licenciaturas em Química Campo de Pesquisa e Número de Alunos Investigados	27
Tabela 4	Existência do Tema Espontaneidade e correlação com $\Delta S/\Delta G$ nos Livros Didáticos do PNLD	28
Tabela 5	Categorização das Respostas do item 6 – Primeiro Questionário	46
Tabela 6	Distribuição das Respostas em função das Categorias (Escolas Regulares)	50
Tabela 7	Distribuição das Respostas em função das Categorias (Escolas Profissionais)	56
Tabela 8	Distribuição das Respostas em função das Categorias (Licenciaturas em Química)	64

LISTA DE ABREVIATURAS

ENEM – Exame Nacional do Ensino Médio

LD – Livro Didático

MEC – Ministério da Educação

OCNEM – Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio

PCK – *Pedagogical Content Knowledge*

PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais

PCN⁺ - Parâmetros Curriculares Nacionais +

PNLD – Programa Nacional do Livro Didático

SEDUC – Secretaria de Educação do Ceará

UECE – Universidade Estadual do Ceará

UFC – Universidade Federal do Ceará

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	12
2.	OBJETIVOS	13
2.1.	Objetivo Geral	13
2.2.	Objetivos Específicos	13
3.	REFERENCIAL TEÓRICO	14
3.1.	A espontaneidade de um fenômeno	15
3.2.	O livro didático como ferramenta no processo de ensino aprendizagem	18
4.	METODOLOGIA	21
4.1.	Critérios adotados pelo MEC para a Seleção/Adoção dos Livros Didáticos	21
4.2.	Critérios de Avaliação do Conteúdo Espontaneidade nos Livros Didáticos	24
4.3.	Questionários Aplicados com os Alunos	24
4.4.	Entrevistas com os Professores das Escolas Analisadas	27
5.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	28
5.1.	Análise dos Livros Didáticos	28
5.1.1	Livro Didático 1 (LD 1)	29
5.1.2.	Livro Didático 2 (LD 2)	30
5.1.3.	Livro Didático 3 (LD 3)	32
5.1.4.	Livro Didático 4 (LD 4)	35
5.1.5	Livro Didático 5 (LD 5)	40
5.2.	Entrevistas com os Professores	43
5.3.	Avaliação dos Questionários	46
5.3.1.	Escolas Regulares	47
5.3.2.	Escolas Profissionais	54
5.3.3.	Licenciaturas em Química	61
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	69
	REFERÊNCIAS	70
	APÊNDICE A	76
	APÊNDICE B	77
	APÊNDICE C	78

1. 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). A partir desta afirmação podemos notar que o ensino de Química, segundo as orientações do Ministério da Educação, deve propiciar ao aluno o entendimento das transformações químicas que ocorrem em processos naturais e tecnológicos.

Todos os processos ocorrem naturalmente em um sentido, entretanto o processo inverso é considerado não natural. Por exemplo, um fruto 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.

No Ensino Médio os fatores que determinam se um dado processo ocorre de forma espontânea não são abordados de maneira adequada, ou seja, através de exemplos cotidianos, onde o aluno possa entender os conceitos e a aplicabilidade das funções termodinâmicas como entropia e energia de Gibbs.

Este trabalho se propõe a analisar a abordagem do conteúdo “processos espontâneos” nos livros didáticos de Química que atualmente são recomendados pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD). Ainda neste trabalho buscou-se através de questionários aplicados a alunos de Ensino Médio e alunos de Licenciatura entender as concepções destes acerca dos fenômenos espontâneos. Também foram ouvidos alguns professores de Ensino Médio sobre o processo de escolha do livro didático, a sua formação acadêmica e a abordagem do conteúdo com os alunos.

2. OBJETIVOS

2.1.OBJETIVO GERAL

Avaliar a abordagem do conteúdo “Processos Espontâneos” nos livros didáticos de Química recomendados atualmente pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) e estudar as concepções de estudantes do Ensino Médio e Superior (Licenciaturas em Química) sobre os fenômenos espontâneos.

2.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar as concepções e a compreensão de alunos de Ensino Médio de escolas profissionais e regulares e alunos de Ensino Superior do primeiro semestre do curso de Licenciatura em Química de Fortaleza e Itapipoca sobre o conteúdo “Espontaneidade dos fenômenos – Entropia e Energia de Gibbs”.
- Investigar se os alunos conseguem identificar o sentido de um fenômeno espontâneo;
- Comparar as concepções dos alunos de Fortaleza e Itapipoca e entre os alunos de escolas profissionais e escolas regulares acerca dos fenômenos reais.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) afirma-se que o aprendizado de Química pelos alunos do Ensino Médio implica que eles compreendam as transformações químicas que ocorrem no mundo físico de forma abrangente e integrada e assim possam julgar com fundamentos as informações advindas da tradição cultural, da mídia e da própria escola e tomar decisões autonomamente (BRASIL, 2000).

O ensino e aprendizagem da Termodinâmica envolvem conceitos de diversos domínios como Física, Química, Biologia e até mesmo História (LE MARECHAL & BILANI, 2008), ou seja, este assunto é um importante tema em que a interdisciplinaridade é colocada em prática. O pesquisador Chassot (2003) afirma que hoje não se pode mais conceber propostas para um ensino de Ciências sem incluir nos currículos componentes que estejam orientados na busca de aspectos sociais e pessoais dos estudantes.

Nesse sentido a alfabetização científica emerge como uma proposta de interligação e consolidação dos conhecimentos científicos e os saberes populares. Ainda segundo este autor, o saber escolar não é necessariamente uma produção exclusiva para a escola, e de acordo com Lopes (1992) envolve a relação de saberes de outros contextos sociais.

Diversas pesquisas no âmbito do Ensino de Química têm sido realizadas ao longo das últimas décadas, e esta área torna-se cada vez mais importante dentro dos cursos de graduação e pós-graduação. Entretanto, segundo Schnetzler (2002), estas pesquisas não se consolidam como contribuições efetivas no Ensino Médio porque usualmente os professores em seus cursos de formação não são introduzidos ao campo da pesquisa em ensino.

A Química pode ser um instrumento da formação humana que amplia os horizontes culturais e a autonomia no exercício da cidadania, se o conhecimento químico for promovido como um dos meios de interpretar o mundo e intervir na realidade (BRASIL, 2002). A alfabetização científica de modo mais amplo pode fazer com que os alunos, ao entenderem a ciência, possam também entender as manifestações do universo (CHASSOT, 2003).

E a Termodinâmica como um ramo experimental e aplicado da Ciência pode se tornar uma importante ferramenta no processo de ensino aprendizagem, visto que, através

deste caráter aplicado facilita para o aluno a visualização e a aplicabilidade dos conceitos estudados em sala de aula.

Citando alguns exemplos em que aspectos termodinâmicos possam ser facilmente contextualizados e colocados em um âmbito de discussões maiores temos: o processo de funcionamento de um termômetro, processos de combustão em uma caldeira e o aumento do consumo de combustíveis fósseis, os processos espontâneos como oxidação de um metal, transferência de calor entre corpos de temperaturas diferente, a utilização de energia de uma pilha para realizar trabalho elétrico como em aparelhos celulares, entre outros. Todos esses exemplos podem facilitar o aprendizado dos alunos de conteúdos como, calor, trabalho, entalpia, processos espontâneos, leis da Termodinâmica, energia de Gibbs entre outros.

Assim, o ensino de Química deve contemplar o contexto no qual o aluno está inserido, utilizando-se de fatos do seu cotidiano e da mídia, objetivando a compreensão por parte do educando de fatos que ocorrem no mundo e ao seu redor, numa constante construção e reconstrução do conhecimento, através de uma maior interação entre aluno, professor, meio ambiente e sociedade (CEARÁ, 2008).

3.1.A espontaneidade de um fenômeno

Nesse contexto, onde a melhor compreensão das Ciências permite ao aluno entender melhor os eventos que ocorrem ao seu redor, a abordagem do conteúdo de espontaneidade dos fenômenos pode fornecer importantes correlações sobre a Termodinâmica Química com o cotidiano dos alunos.

De acordo com as leis da Termodinâmica uma transformação espontânea não exige trabalho para acontecer. Todas as transformações naturais possuem uma direção que consideramos natural, já a transformação no sentido oposto não ocorre de forma espontânea. Os rios correm das montanhas para o mar, um copo de café, inicialmente a elevada temperatura, resfria até que atinja o equilíbrio térmico com as vizinhanças, mas os processos inversos não ocorrem de maneira espontânea.

O aluno deve ser capaz de compreender o fator responsável por uma transformação ocorrer naturalmente em determinado sentido e não ocorrer de forma espontânea no sentido oposto. Porém a abordagem dada nos livros didáticos de Química para

o ensino médio deixa muito a desejar devido à falta de conteúdos específicos sobre esse tópico.

O estudo da Termodinâmica pode ainda ser uma mola propulsora da interdisciplinaridade, pois o estudo das relações de trabalho e calor partiu da Revolução Industrial que teve como objetivo o aumento do rendimento das máquinas a vapor. Segundo Baldow e Monteiro Jr (2010) os avanços tecnológicos ocasionaram também um avanço científico principalmente da Física e da Química.

No Ensino Médio existe uma maior ênfase no princípio da conservação da energia e pouco se discute sobre a espontaneidade de um fenômeno. A razão pela qual uma reação química ocorre geralmente não é considerada (BOO, 1998). O primeiro Princípio da Termodinâmica nos garante que a energia total do sistema mais a energia total das vizinhanças permanecem constantes durante uma reação (LEVINE, 2012), porém o primeiro princípio não informa nada acerca da preferência de uma direção em relação à direção oposta.

Devido a não abordagem desta temática são comuns os erros conceituais dos alunos em relação aos estudos Termodinâmicos de reação espontânea e irreversível. No estudo realizado por MacDonald, Johnstone, e Webb (1977), alunos entre 16-18 anos têm a concepção equivocada de que as reações endotérmicas não podem ocorrer de maneira espontânea e que todas as reações que ocorrem naturalmente são exotérmicas.

Para compreender a espontaneidade de uma reação, seja ela endotérmica ou exotérmica, é necessário considerar outro fator além da entalpia. Este termo é denominado entropia, (S) e está associado ao segundo Princípio da Termodinâmica (SABADINI; BIANCHI, 2007). A entropia pode ser considerada uma medida da dispersão da energia de um sistema em um determinado processo. A combinação destes dois termos, o termo da entalpia e o termo entrópico, nos permite prever a direção natural de qualquer processo, e como resultado, prever a situação de equilíbrio (CASTELLAN, 2008).

A condição para uma transformação real em um sistema isolado é que a entropia aumente. Qualquer transformação real dentro de um sistema isolado é acompanhada por um aumento da entropia do sistema. A entropia é o conceito básico para discussão do sentido das mudanças naturais, mas envolve a análise de modificações no sistema e nas suas vizinhanças (ATKINS & DE PAULA, 2010).

Todavia como a maioria dos sistemas não são isolados, muitas vezes o cálculo da variação de entropia das vizinhanças não é simples. Assim é conveniente considerar uma maneira de levar em consideração essas duas contribuições em uma função que considere apenas as propriedades do sistema em questão.

A maioria das reações realizadas em laboratório envolvem condições de pressão e temperatura constante. Com estas condições o sentido de ocorrência de um fenômeno é definido pela energia de Gibbs, esta função termodinâmica descreve as transformações espontâneas verificando apenas as propriedades do sistema, porque envolve as funções entalpia e entropia conforme a equação abaixo:

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S \quad (1)$$

Onde: ΔG é a variação na Energia Livre

T é a temperatura absoluta

ΔH é a variação de Entropia

ΔS é a variação de Entropia do Sistema

O critério para a espontaneidade seguindo a energia de Gibbs é que as reações químicas são espontâneas no sentido da diminuição da energia de Gibbs. Ou seja, para determinarmos se uma transformação (ou reação química) é espontânea basta verificarmos a variação de uma única propriedade do sistema, sem nos preocuparmos com as vizinhanças. Se houver uma diminuição na energia de Gibbs à medida que a reação avança este processo é espontâneo.

A variação da energia livre (energia livre de Gibbs) resulta do balanço entre a variação de entalpia e a variação de entropia da reação (SABADINI; BIANCHI, 2007). O termo energia livre não é ao acaso em um determinado processo, a energia livre representa a quantidade máxima de trabalho que o sistema pode realizar. Nesse contexto a energia livre significa energia disponível para realizar trabalho.

A existência de reações endotérmicas que ocorrem de forma espontânea reflete a importância da energia de Gibbs. Como o critério de espontaneidade é a diminuição da energia de Gibbs, e temos um processo com o aumento de entalpia ($\Delta H > 0$), o valor do produto da temperatura e da variação de entropia ($T\Delta S$) deve ser suficientemente elevado, para que haja ao final do processo uma diminuição da energia de Gibbs. Ou seja, a

espontaneidade de uma reação endotérmica é determinada pela elevação da entropia (ATKINS; DE PAULA, 2010).

3.2.O livro didático como ferramenta no processo de ensino aprendizagem

O livro didático ainda é o instrumento mais utilizado para guiar a prática docente, possuindo grande influência no processo de ensino aprendizagem (SANTOS, 2001). Entretanto, não existe um livro que possa ser considerado como adequado em todos os aspectos. Assim o professor deve também buscar informações que possam complementar ou preencher lacunas deixadas pelos livros didáticos. Desta forma, o processo de escolha se torna importante nesse contexto, devido a grande quantidade de livros didáticos disponíveis.

Carneiro, Santos e Mól (2005) concordando com Richaudeau (1979) afirmam que o livro didático possui três grandes funções, a saber: a primeira é da informação e as implicações desta, a segunda são referentes à estruturação e organização do aprendizado dos alunos e a última é guiar os alunos na compreensão do mundo externo.

A partir das Orientações Curriculares do Ensino Médio (OCNEM) ressalta-se que a prática curricular frequente ainda é disciplinar e fragmentada mesmo após vários anos de implantação dos PCN. Ainda de acordo com o documento, isto é comprovado através dos materiais didáticos produzidos, que abordam de maneira periférica conteúdos sem a preocupação efetiva com o significado conceitual ou uma abordagem real com tratamento interdisciplinar (BRASIL, 2006).

Fracalanza (2006), em seu estudo que teve como objetivo investigar as pesquisas sobre o livro didático de Ciências no Brasil observou que a produção acadêmica sobre esse tema, nos últimos anos, foi constituída por setenta e cinco teses. Pode parecer um número substancial, todavia desse total, quarenta e quatro trabalhos estão voltados a livros para o Ensino Médio e apenas nove estão relacionados com o livro didático de Química.

O processo de escolha do livro didático tornou-se mais simples após o surgimento em 1996 do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), inicialmente destinado ao Ensino Fundamental e expandido posteriormente para o Ensino Médio. Trata-se de um processo de avaliação destes por um quadro de especialistas e regidos por critérios de avaliação que vão desde itens técnicos até itens pedagógicos. Esse processo de avaliação resultou em um guia que serve de orientação para a escolha do livro didático a ser utilizado.

Entretanto, em alguns casos a realidade ainda está distante do que seria esperado. O trabalho de Lima e Silva (2010) mostra que 10% dos professores da rede pública de Minas Gerais escolhem o livro didático pelo autor, e que apenas 2% dos professores entrevistados recorrem às orientações oficiais para definir o livro a ser adotado (LIMA; SILVA, 2010).

No trabalho de Carneiro, Santos e Mól (2005) os autores verificaram certa resistência dos professores do Ensino Médio na utilização de livros com estrutura diferenciada daqueles livros tradicionais, o que pode refletir no momento da escolha de um livro por um professor. Ainda de acordo com os autores mudanças educacionais dependem não somente da aceitação de novas propostas de ensino, mas também do desenvolvimento de práticas onde os professores sintam-se seguros.

A contextualização também é uma característica sempre ressaltada pelos professores no momento da escolha do livro didático. Contudo, os professores não fazem distinção de como essa contextualização é realizada, sejam por meio de exemplos, ilustrações, abertura de capítulos ou seções. O contexto pelo qual a história da Química se desenrola não é relevante (LIMA; SILVA, 2010).

São visíveis as divergências encontradas entre o Ensino de Química praticado nos currículos escolares e aquele que é proposto pela comunidade de pesquisadores e estudiosos (BRASIL, 2006). Torna-se necessário um diálogo mais aprofundado para que os avanços registrados nas pesquisas sobre ensino de Química sejam aplicados no Ensino Médio.

Considerando as relações pedagógicas, há conjuntos de conteúdos que são importantes e devem estar presentes nos livros didáticos de Química que configuram conceitos e práticas, focando especificamente o estudo de materiais, a dimensão energética envolvida nas suas transformações, bem como os modelos explicativos voltados para a dimensão microscópica da constituição da matéria (BRASIL, 2012).

Segundo o OCNEM (2006) existe uma base comum de conteúdos que envolvem os três focos de interesse da disciplina que são as propriedades, a constituição e as transformações de substâncias e materiais. Esses conteúdos podem ser alterados conforme as necessidades e especificidades de cada região ou escola.

Podemos destacar nessa base comum as orientações: (a) que os alunos possuam uma compreensão das aplicações da primeira e segunda lei da Termodinâmica no estudo das

transformações químicas; (b) compreender de forma qualitativa, os conceitos de entalpia e entropia. (BRASIL, 2006).

No âmbito regional temos a orientação da Secretaria de Educação do Ceará (SEDUC) que através de documento intitulado “Matrizes Curriculares para o Ensino Médio” recomenda a abordagem do tema entropia e energia de Gibbs no terceiro bimestre do 2º Ano do Ensino Médio, temas que envolvem o desenvolvimento de diversas competências e habilidades necessárias ao aprendizado do aluno (CEARÁ, 2009).

Então diante de orientações a nível nacional (OCNEM, 2006) e a nível estadual (SEDUC, 2009) percebemos que o conteúdo de processos espontâneos e mais especificamente os conteúdos de entropia e energia de Gibbs devem ser apresentados aos alunos de Ensino Médio.

4. METODOLOGIA

Inicialmente foi realizada uma análise do conteúdo “Processos Espontâneos” nos cinco (5) livros didáticos recomendados atualmente pelo Programa Nacional do Livro Didático. Optou-se por avaliar apenas os livros recomendados pelo PNLD para o triênio 2012-2014, pois estes livros já foram avaliados por profissionais das áreas de Química e Ensino de Química. Além disso, estes livros são amplamente distribuídos pelo País, sendo utilizados por milhões de alunos.

4.1. Critérios adotados pelo MEC para a Seleção/Adoção dos Livros Didáticos

Segundo o edital para o ingresso das coleções no PNLD 2012-2014, todas as coleções foram submetidas ao um processo rígido de avaliação composto de três grandes etapas, a saber:

a) triagem - baseada em aspectos técnicos como, por exemplo, características que deveriam estar presentes na capa, folha de rosto, verso, lombada e miolo do livro e manual do professor, além de formato, matéria prima, acabamento.

b) pré-análise – conforme apresentação de documentação pertinente ao processo;

c) avaliação pedagógica – os critérios pedagógicos inerentes as Leis de Diretrizes e Bases da Educação Nacional e Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio e a disciplina de Química em específico. A não observância de qualquer um destes critérios resultaria em eliminação da obra, pois esta se encontrava em oposição aos objetivos estabelecidos pelo MEC para o Ensino Médio. Os critérios eliminatórios comuns a todas as áreas que foram submetidas à avaliação foram os seguintes:

- respeito à legislação, às diretrizes e às normas oficiais relativas ao ensino médio;
- observância de princípios éticos necessários à construção da cidadania e ao convívio social republicano;
- coerência e adequação da abordagem teórico-metodológica assumida pela obra, no que diz respeito à proposta didático-pedagógica explicitada e aos objetivos visados;
- correção e atualização de conceitos, informações e procedimentos;
- observância das características e finalidades específicas do manual do professor e adequação da obra à linha pedagógica nela apresentada;

- adequação da estrutura editorial e do projeto gráfico aos objetivos didático-pedagógicos da obra.

Quantos aos aspectos inerentes a disciplina de Química especificamente destaca-se a articulação necessária entre três níveis de conhecimentos: o empírico, teórico e a linguagem necessária para a compreensão da Química. Segundo o edital do PNLD, os livros didáticos de Química deveriam focar especificamente o estudo de materiais, a dimensão energética envolvida nas suas transformações, bem como os modelos explicativos voltados para a dimensão microscópica da constituição da matéria. Como critérios específicos para o componente curricular de Química, as obras seguem os critérios:

- apresenta a Química como ciência que se preocupa com a dimensão ambiental dos problemas contemporâneos, levando em conta não somente situações e conceitos que envolvem as transformações da matéria e os artefatos tecnológicos em si, mas também os processos humanos subjacentes aos modos de produção do mundo do trabalho;
- rompe com a possibilidade de construção de discursos maniqueístas a respeito da Química, calcados em crenças de que essa ciência é permanentemente responsável pelas catástrofes ambientais, fenômenos de poluição, bem como pela artificialidade de produtos, principalmente aqueles relacionados com alimentação e remédios;
- traz uma visão de Ciência de Natureza Humana marcada pelo seu caráter provisório, ressaltando as limitações de cada modelo explicativo e apontando as necessidades de alterá-lo, por meio da exposição das diferentes possibilidades de aplicação e de pontos de vista;
- aborda, no rol dos conhecimentos e habilidades, noções e conceitos sobre propriedades das substâncias e dos materiais, sua caracterização, aspectos energéticos e dinâmicos bem como os modelos de constituição da matéria a eles relacionados;
- apresenta o pensamento químico como constituído por uma linguagem marcada por representações e símbolos especificamente significativos para essa ciência e mediados na relação pedagógica;
- não apresenta atividades didáticas que enfatizam exclusivamente aprendizagem mecânicas, com a mera memorização de fórmulas, nomes e regras, de forma descontextualizada;
- traz uma visão de experimentação que se afina com uma perspectiva investigativa, que leve os jovens a pensar a ciência como campo de construção de conhecimento permeado

por teoria e observação, pensamento e linguagem. Nesse sentido, é plenamente necessário que a obra – em seu conteúdo – favoreça a apresentação de situações-problema que fomentem a compreensão dos fenômenos, bem como a construção de argumentações.

Após o processo de análise um Guia de Livros Didáticos foi produzido, onde constavam as resenhas dos livros aprovados, bem como os critérios que nortearam a avaliação pedagógica das obras, sendo este encaminhado às escolas públicas do Ensino Médio para auxiliar aos professores no processo de escolha e adoção dos livros. Os livros didáticos recomendados pelo PNLD e analisados neste trabalho são sumarizados na Tabela 1.

Tabela 1 – Livros Didáticos de Química Recomendados pelo PNLD que foram Analisados

CÓDIGO	LIVRO	AUTORES	EDITORA
LD 1	Química na Abordagem do Cotidiano	Eduardo Leite do Canto e Francisco Miragaia Peruzzo	Editora Moderna
LD 2	Química – Meio Ambiente – Cidadania – Tecnologia	Martha Reis	Editora FTD
LD 3	Química	Andréa Horta Machado e Eduardo Fleury Mortimer	Editora Scipione
LD 4	Química para a nova geração – Química Cidadã	Eliane Nilvana Ferreira de Castro Gentil de Souza Silva Gerson de Souza Mól Roseli Takako Matsunaga Sálvia Barbosa Farias Sandra Maria de Oliveira Santos Siland Meiry França Dib Wildson Luiz Pereira dos Santos	Editora Nova Geração
LD 5	Ser Protagonista Química	Julio Cesar Foschini Lisboa	Edições SM

Fonte: Próprio Autor

Todas as obras recomendadas pelo PNLD são divididas em três volumes e mantém uma estrutura semelhante na divisão de conteúdos: o primeiro volume direcionado à

Química Geral/Inorgânica, o segundo referente aos conteúdos de Físico-Química e o último livro englobava os conteúdos de Química Orgânica. A avaliação foi realizada no segundo volume das coleções, pois este aborda os conteúdos de Físico-Química, onde poderia ser encontrado ou não o conteúdo tema deste trabalho.

4.2. Critérios de Avaliação do Conteúdo Espontaneidade nos Livros Didáticos

A avaliação foi desenvolvida através da leitura do capítulo referente ao conteúdo “Espontaneidade de um fenômeno”. Os critérios utilizados para avaliação dos livros didáticos foram a presença ou ausência do conteúdo “Espontaneidade de um Fenômeno” e se havia a correlação direta deste conteúdo com os tópicos Entropia e Energia de Gibbs. Caso a obra avaliada abordasse o conteúdo também era analisado se era feita a interligação destes tópicos com fenômenos do cotidiano dos alunos.

Tomou-se como parâmetro a energia de Gibbs como abordagem 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 nos laboratórios, ou seja, temperatura e pressão constante.

O objetivo desta etapa foi verificar se estes livros abordam ou não o conteúdo espontaneidade de maneira adequada contextualizada como preconizam os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCN).

4.3. Questionários aplicados com os alunos

Após a análise dos livros foram desenvolvidos instrumentos de coleta de dados (dois questionários acerca da temática do trabalho). Estes foram baseados no método de levantamento de dados proposto por Gunther (2003) com algumas adaptações para o contexto o qual foi inserido.

Os questionários propostos tinham diferentes objetivos: o primeiro tinha como objetivo analisar se os alunos reconheciam determinados fenômenos como espontâneos, enquanto que o segundo questionário buscou analisar se os alunos compreendiam, dentre uma

série de fatores apresentados, que a energia de Gibbs era a função que determinaria se um processo ocorre de maneira espontânea.

O primeiro questionário mais geral foi composto por cinco (5) questões objetivas e uma (1) subjetiva (APÊNDICE A). As questões objetivas apresentavam alguns eventos comumente presentes no cotidiano dos alunos 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 (APÊNDICE B) foi composto por cinco (5) questões objetivas. Assim como no primeiro questionário, foram apresentados fenômenos cotidianos. Entretanto, o aluno deveria optar dentre uma série de fatores, qual o fator responsável pela ocorrência do fato descrito.

Segundo Sommer e Sommer (1997) a utilização de itens fechados mostra frequentemente mais respeito à opinião das pessoas e Gunther 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 campos de estudo, foram quatro escolas: sendo duas em Fortaleza – CE e duas em Itapipoca, cidade do Interior do Ceará localizada a 132 km da Capital, contando com uma escola profissional e uma regular em cada região. Em Itapipoca as análises acontecerem na Escola Estadual de Educação Profissional Rita Aguiar Barbosa (Escola Profissional 1) situada na Av. Esaú Alves Aguiar, s/n. e na Escola de Ensino Fundamental e Médio Nossa Senhora da Assunção (Escola Regular 1) localizada no distrito de Assunção - Itapipoca.

Em Fortaleza foram analisadas a Escola Estadual de Educação Profissional Juarez Távora (Escola Profissional 2) situada na Rua Joaquim Bastos, 747 – Fátima e a Escola de Ensino Fundamental e Médio Claudio Martins (Escola Regular 2) localizada na Rua Demócrito Rocha, 400 – Monte Castelo.

O objetivo de se realizar coletas em locais distintos foi verificar se haviam diferenças significativas nos resultados entre escolas da Capital e do Interior, e ainda entre profissional e regular, ou seja, escolas com regime de trabalho diferente. Cento e vinte e dois (122) alunos do 3º ano do Ensino Médio participaram da coleta de dados (TABELA 2). Em cada escola campo de pesquisa uma turma aleatória do 3º Ano do Ensino Médio foi analisada nesta pesquisa.

Tabela 2 – Escolas do Ensino Médio Campo de Pesquisa e número de Alunos Investigados

Escola	Local	Livro Adotado	Número de Alunos	
			1º Questionário	2º Questionário
Escola Profissional 1	Itapipoca	LD 5	32 alunos	33 alunos
Escola Profissional 2	Fortaleza	LD 5	23 alunos	22 alunos
Escola Regular 1	Itapipoca	Nenhum dos livros recomendados	43 alunos	42 alunos
Escola Regular 2	Fortaleza	LD 1	24 alunos	17 alunos

Fonte: Próprio Autor

O critério de escolha para aplicação dos questionários aos alunos do 3º ano do Ensino Médio foi porque segundo orientações da SEDUC, o conteúdo espontaneidade deve ser ministrado pelos professores no 2º ano do Ensino Médio, assim os alunos que foram analisados teoricamente já tiveram contato com o conteúdo em questão. As diferenças encontradas no número de alunos entre as coletas são justificadas pela falta de alunos nos dias de aplicação dos questionários.

Optou-se por aplicar os questionários nos cursos de Licenciatura em Química da Universidade Federal do Ceará (Fortaleza) e Universidade Estadual do Ceará (Itapipoca). Os questionários foram aplicados com alunos do primeiro semestre. Oitenta e três (83) alunos dos cursos de Licenciatura participaram das análises (TABELA 3).

Tabela 3 – Licenciaturas em Química Campo de Pesquisa e Número de Alunos Investigados

Curso	Local	Número de Alunos	
		1º Questionário	2º Questionário
Licenciatura em Química 1	Itapipoca	34 alunos	30 alunos
Licenciatura em Química 2	Fortaleza	49 alunos	46 alunos

Fonte: Próprio Autor

Com a aplicação destes averiguou se os alunos que passaram por testes de admissão, como Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) e vestibular, teria um conhecimento maior sobre este conteúdo comparado aos alunos do Ensino Médio. Novamente as diferenças na quantidade de alunos são justificadas pela ausência de alguns alunos nas datas de aplicação.

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 discurso seguindo a metodologia de Bardin (1977). Segundo Bardin (1977) a análise de conteúdo pode, através da leitura profunda e compreensão do discurso, confirmar ou refutar hipóteses ou ainda esclarecer elementos que permitam uma descrição mais elaborada dos fatos.

4.4. Entrevista com os Professores das Escolas Analisadas

Por meio de convite aos professores das escolas campo de estudo do trabalho foi realizada uma entrevista com três (03) professores para discutir aspectos referentes ao processo de escolha e adoção dos livros didáticos, formação acadêmica, bem como aspectos referentes ao conteúdo Espontaneidade de um fenômeno, se este era trabalhado em sala de aula, através do livro didático ou com alguma complementação por parte do professor (APÊNDICE C).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Análise dos Livros Didáticos

A partir da análise dos cinco livros de Química recomendados pelo PNLD para o triênio 2012-2014, constatou-se que apenas um dos livros atualmente recomendados (LD 3) foi considerado adequado na abordagem da temática espontaneidade. O livro aborda o conteúdo de entropia associando-o a espontaneidade de um fenômeno demonstrando através de exemplos cotidianos. Ele tem um diferencial em relação aos outros livros avaliados, pois menciona a energia de Gibbs, ou seja, explica que o sentido espontâneo de um fenômeno é determinado pela entropia e/ou energia de Gibbs (TABELA 4).

Tabela 4 – Existência do Tema Espontaneidade e correlação com $\Delta S/\Delta G$ nos Livros Didáticos do PNLD

Livro	Assunto	
	Entropia	Energia de Gibbs
LD 1	NÃO	NÃO
LD 2	NÃO	NÃO
LD 3	SIM	SIM
LD 4	SIM	NÃO
LD 5	NÃO	NÃO

Fonte: Próprio Autor

O livro didático 4 também aborda o conteúdo de entropia relacionando-o a espontaneidade de um fenômeno, entretanto, não cita em que condições a entropia pode ser considerada como fator determinante para que um processo ocorra de forma espontânea e tampouco cita a energia de Gibbs como critério a ser analisado. A maioria dos livros didáticos não mencionam a Segunda Lei da Termodinâmica e sua relação com a espontaneidade de um processo. Nenhuma escola analisada adotou o livro didático considerado mais adequado (LD 3) na abordagem de entropia e energia de Gibbs.

Segundo Silva (2012), no atual Ensino Médio a Termodinâmica Química fica reduzida a cálculos de calores de reação e manipulações de equações termoquímicas seguindo a lei de Hess, mesmo com as inúmeras orientações que os documentos legais trazem para o ensino de Química, o que é notado na abordagem de três dos cinco livros recomendados pelo PNLD, uma ênfase nos processos termoquímicos e uma abordagem falha e por vezes inexistente dos aspectos termodinâmicos das transformações.

5.1.1. Livro Didático 1 (LD1)

O livro Química na Abordagem do Cotidiano (LD 1) destina o Capítulo 6 ao estudo da “Termoquímica: o calor e os processos químicos”. O capítulo é composto de 40 páginas e se inicia com uma imagem referente ao café da manhã de uma família, onde é ressaltada a importância de se conhecer o conteúdo calórico dos alimentos para boas práticas alimentares.

Ainda na primeira página existe uma seção onde estão elencados conteúdos importantes durante o capítulo: processos endotérmicos e exotérmicos, unidades de energia relevantes, entalpia e variação de entalpia, conteúdo calórico de nutrientes, Lei de Hess, estado padrão, entalpia-padrão de combustão, entalpia-padrão de formação, energia de ligação e cálculos estequiométricos envolvendo energia liberada ou absorvida. Desde já ressaltamos que não há menção aos conteúdos entropia e energia de Gibbs como conteúdos importantes neste capítulo.

O primeiro tópico do capítulo refere-se ao calor e suas unidades, em seguida já são abordadas a liberação ou absorção de calor nos processos, conceituando processos exotérmicos e endotérmicos. É introduzida a noção de caloria, citando que existem aparelhos que determinam a quantidade de calor liberado ou absorvido em um processo, os calorímetros. Logo em seguida é mencionada a relação entre as unidades caloria e Joule e entre Joule e quilojoule.

O segundo tópico do capítulo aborda a entalpia e sua variação. Ainda no tópico sobre entalpia e variação de entalpia são exemplificados os processos de variação de entalpia para uma mudança de fase, variação de entalpia em reações químicas (endotérmicas e exotérmicas) e as informações necessárias ao se representar uma equação termoquímica.

O tópico seguinte refere-se à Lei de Hess, é explanada a importância da Lei de Hess citando que ela permite que se trabalhe com equações termoquímicas como se fossem equações matemáticas e que ao somarmos equações, a variação de entalpia (ΔH) resultante seria igual ao ΔH das etapas somadas. O tópico de número quatro conceitua rapidamente o estado padrão de uma substância, seguido do tópico de entalpia-padrão de combustão e sua utilidade e do tópico de entalpia-padrão de formação.

O penúltimo tópico se refere à energia de ligação e o último deste capítulo faz menção aos aspectos estequiométricos da termoquímica referente ao tratamento matemático para cálculos de energia envolvidos nos processos quando determinada massa de substância é consumida ou produzida em uma reação química.

O capítulo possui muitos exercícios, em sua maioria questões de vestibular, contudo o mesmo possui poucas ilustrações. Em relação aos conteúdos abordados, percebe-se nitidamente o tradicionalismo nos conteúdos. No final do capítulo é apresentado um mapa conceitual interligando os conceitos apresentados.

O capítulo cita apenas no seu início com o exemplo das trocas de calor um processo espontâneo, entretanto, não explica a razão dessa troca de calor ocorrer de forma espontânea e tampouco faz menção aos conteúdos de entropia e energia de Gibbs. A visão microscópica é praticamente deixada à margem neste capítulo e também não são ressaltadas a visão e contexto histórico dos conceitos envolvidos.

Segundo Barros (2009) os estudantes nem sempre compreendem o significado da energia interna de um sistema e seus constituintes, ou ainda, o processo de ruptura ou formação de ligações químicas associadas à liberação ou absorção de energia de um ponto de vista microscópico.

Não se faz menção a Termodinâmica, e sim apenas a Termoquímica como um ramo da Química que estuda a energia liberada ou absorvida sob a forma de calor. Esta visão fragmentada pode causar dificuldades aos alunos, comprometendo assim a visão ampla da Ciência e a interdisciplinaridade. Este livro foi adotado pela escola regular da Capital.

5.1.2. Livro Didático 2 (LD 2)

O livro didático Química – Meio Ambiente – Cidadania – Tecnologia (LD 2) é dividido em unidades temáticas e seus respectivos capítulos. A terceira unidade referente à Poluição térmica é composta de cinco capítulos, onde três deles foram analisados neste trabalho: a) Capítulo 10 – Reações exotérmicas e endotérmicas; b) Capítulo 11 – Entalpia-padrão e lei de Hess; c) Capítulo 12 – Cálculos de variação de entalpia. Os dois últimos capítulos da unidade temática são referentes ao conteúdo de Cinética Química. Os capítulos analisados totalizam quarenta páginas.

Os capítulos se iniciam com textos breves onde a autora procura estabelecer uma ligação do conteúdo com o cotidiano do aluno. O capítulo 10 inicia-se com o tópico Conteúdo Calorífico, onde é recapitulado o conceito de calor, é definido o conceito de caloria e são apresentadas as unidades de medida e suas respectivas transformações.

O tópico seguinte indaga como é determinado o valor calórico dos alimentos, este tópico possui uma interdisciplinaridade com a Biologia de forma explícita, são abordados os valores calóricos de carboidratos, proteínas e lipídeos, e ainda há a discussão sobre o metabolismo basal do ser humano.

O tópico seguinte ainda mantém a relação de proximidade com a Biologia ao trabalhar a temática de onde vem a energia dos alimentos e a conversão da energia dos carboidratos pelo organismo. Em seguida temos o tópico sobre o calor envolvido nas reações químicas, onde são desenvolvidos os conceitos de reações exotérmicas e endotérmicas. São utilizadas reações químicas, gráficos de energia, figuras que exemplificam reações que absorvem ou liberam energia, além de uma contextualização com o efeito smog e a sua diferença para o efeito estufa.

Em seguida são abordados os aspectos estequiométricos ligados às equações termoquímicas e as trocas de calor nas mudanças de estado de agregação. O capítulo se encerra com uma proposta de experimento envolvendo calor e trabalho, seguido de uma seção onde são abordadas algumas curiosidades e exercícios de vestibulares e ENEM.

O capítulo onze aborda a entalpia-padrão e a lei de Hess, neste capítulo são desenvolvidos de forma individual a entalpia-padrão de combustão, e a entalpia-padrão de formação, para em seguida fazer a abordagem da lei de Hess. O capítulo é curto e se utiliza de forma prioritária de tabelas com valores de entalpia e exercícios para a fixação dos conteúdos. Novamente se percebe o tradicionalismo na abordagem destes conteúdos.

O capítulo doze trata dos cálculos de variação de entalpia, onde são abordados os cálculos de variação de entalpia a partir das entalpias de formação e em seguida é tratado o tópico energia de ligação. Novamente o capítulo é limitado a tabelas e resoluções de exercícios.

O livro não cita as leis da Termodinâmica e tampouco os conteúdos de espontaneidade, entropia e energia de Gibbs, tratando de forma prioritária os aspectos ligados

à poluição térmica, tema chave da unidade. O livro possui muitos textos e ilustrações como forma de contextualização dos conteúdos. Um ponto positivo do livro em sua abordagem é a interligação dos conteúdos com a Biologia.

Entretanto, o livro praticamente não cita os aspectos históricos e do desenvolvimento de conceitos de Química e não se percebe também na abordagem do livro uma preocupação com a visualização microscópica dos fenômenos, o que pode contribuir para uma visão da Química como uma Ciência pronta e acabada, o que vem de encontro às orientações do MEC nos PCN.

No que se referem os conhecimentos químicos, tanto o PCN (2000) quanto o OCNEM (2006) são enfáticos em afirmar que devem ser explicitados os aspectos dinâmicos e históricos da Química, para que o aluno perceba o caráter evolutivo dos conceitos com o avanço do tempo.

A grande carga de exercícios de vestibulares e questões do ENEM sugere a preocupação com os exames de ingresso as instituições de Ensino Superior, ou seja, o ensino tradicional ainda é marcante em detrimento ao entendimento dos fenômenos cotidianos e a superação da visão distorcida da Química como vilã nos dias atuais.

5.1.3. Livro Didático 3 (LD3)

O livro didático Química (LD 3) destina o capítulo 2 intitulado: Termoquímica: energia nas mudanças de estado físico e nas transformações químicas, sendo este capítulo composto por 48 páginas. Já no índice do livro percebemos uma estratégia metodológica diferente por parte dos autores. O livro é dividido em textos, projetos e atividades.

Os textos apresentam temas de relevância à sociedade como: combustíveis e formas alternativas de energia. Dentro dos textos vão sendo encaixados e trabalhados não somente os conteúdos referentes ao assunto de Termoquímica bem como outros conteúdos de Química, na tentativa de manter uma visão unificada da Química. Os projetos e atividades que seguem os textos podem ser realizados em grupos ou de forma individual, e ainda serem atividades práticas. O que é notório principalmente nos projetos é o seu caráter investigativo e que incentiva as discussões entre os alunos como forma de estimular o aprendizado.

O primeiro texto aborda o tema combustível e formas de energia alternativas, aborda vários aspectos dos processos de conversão de energia e trabalho e calor e o processo

inverso de conversão de calor em trabalho. Perpassando por aspectos históricos e sociais das transformações vão inserindo os alunos no tema chave do capítulo, a energia. Seguido do texto propõe-se um projeto e uma atividade.

O texto seguinte aborda o tema temperatura e termômetros, onde é introduzido o conceito da Lei Zero da Termodinâmica e equilíbrio térmico. O mesmo também aborda o processo de funcionamento dos termômetros e os aspectos de transferência de energia no processo. Uma visão histórica da evolução dos termômetros é desenvolvida ao longo do texto, que também é seguido de uma proposta de atividade prática, que tem como objetivo verificar a relação da temperatura com as sensações de quente e frio.

O texto número três tem como ponto chave a distinção entre os conceitos de calor e temperatura na linguagem cotidiana e no contexto científico. Consideramos essa abordagem importante na condução do ensino, pois é necessário que o aluno de ensino médio tenha contato com a linguagem da Química e possa distinguir os significados científicos dos termos também empregados no cotidiano.

Nesse texto é definido calor e temperatura de forma cientificamente adequada e é inserida a noção da quantidade de calor e de calor específico de um corpo. Fazendo também uma abordagem através do modelo cinético-molecular, faz-se uma definição de temperatura utilizando uma abordagem microscópica do assunto. Ao final do texto a evolução do conceito de calor desde o calórico até o conceito atualmente aceito.

O texto quatro envolve a discussão do calor e energia envolvidos nas mudanças de estado físico e nas transformações químicas. Nesse texto são abordadas as leis da termodinâmica. É interessante o modo como os autores relacionam a Termoquímica a Termodinâmica, e citando que esta última surgiu historicamente antes e englobava os estudos em relação ao calor.

São abordadas as três leis da termodinâmica neste texto, citadas como sumários sucintos das experiências de cientistas de como a energia se comporta no curso das transformações. Na discussão da Segunda Lei da Termodinâmica é tratada a entropia, e a relação de assimetria dos processos que ocorrem na natureza. O texto seguinte envolve a discussão dos processos endotérmicos e exotérmicos. Neste texto vemos a utilização de diagramas com o sentido do fluxo de calor como forma de indicar se um processo é endotérmico ou exotérmico.

O texto de número seis aborda a energia contida em um sistema relacionando à sua energia interna. Nesse texto os conceitos de energia interna e a expressão matemática da conversão da energia interna em calor ou trabalho são discutidos e sua relação direta com o enunciado da Primeira Lei da Termodinâmica. Em seguida é apresentado o conceito de entalpia, onde é ressaltado que a variação de entalpia de um sistema deve ser medida quando o sistema sofre uma mudança à pressão constante. Assim como para a energia interna, também é apresentada a expressão matemática correspondente para a entalpia. Em seguida os autores citam que tanto a energia interna quanto a entalpia são funções de estado e explicam o significado de uma função de estado.

O texto seguinte é bastante relacionado com outras disciplinas no caso biologia e geografia, e aqui se percebe a interdisciplinaridade dos conteúdos como forma de integrar o estudo. O texto aborda a energia solar, atmosfera, hidrosfera e o clima da Terra. Esse texto aborda de onde provém a energia utilizada pelo planeta, como as plantas conseguem armazenar energia através da fotossíntese, e a relação de transferência de energia térmica dos trópicos para as regiões mais frias da Terra através das correntes marítimas. Dentro dessa discussão são introduzidos os conceitos de capacidade calorífica, calor específico e o papel das forças intermoleculares no ciclo biogeoquímico da água.

O texto oito trata dos aspectos referentes às equações termoquímicas, falando da variação de entalpia em uma reação química e os detalhes importantes para escrever uma equação termoquímica de forma adequada. Aqui também são tratados conteúdos como, estado padrão de uma substância, a Lei de Hess como uma consequência do fato que a entalpia é uma função de estado, e a energia de ligação.

O texto nove vem falar dos processos espontâneos, citando a entropia e a energia livre. O texto aborda as limitações da Primeira Lei da Termodinâmica para a indicação de um processo espontâneo, citando que a Segunda Lei da Termodinâmica e uma propriedade chamada entropia irão definir porque alguns processos ocorrem de forma espontânea e outros não.

O texto apresenta exemplos de fenômenos cotidianos que ocorrem espontaneamente e os relaciona à propriedade termodinâmica entropia, definida inicialmente como uma medida de desordem do sistema. Citando que um processo espontâneo ocorre quando ele contribui para o aumento da entropia do universo. Os autores relacionam a

entropia a probabilidades de um sistema alcançar o maior número possível de distribuições termodinamicamente equivalentes.

A definição de Clausius para entropia é dada, e nesse momento os autores ressaltam certa confusão que existe quando um aluno escuta ou lê em um noticiário que estamos vivenciando uma crise energética, entretanto o aluno aprende que a energia do universo é constante segundo a Primeira Lei da Termodinâmica. Novamente aqui se percebe a preocupação dos autores em transformar percepções cotidianas em conceitos cientificamente adequados, o que podemos caracterizar como o processo de alfabetização científica.

Por fim os autores citam a função termodinâmica energia livre de Gibbs (G) como uma função útil para se antever a espontaneidade de um processo. É citado que para um processo que ocorre a temperatura e pressão constante, a variação de energia livre torna-se um critério para a definição da espontaneidade.

O último texto do capítulo relaciona os aspectos termodinâmicos com aspectos cinéticos ao abordar que um determinado processo pode ser termodinamicamente favorável, entretanto não possuir uma velocidade observável. O capítulo é finalizado com exercícios de vestibular e ENEM.

O LD 3 foi considerado adequado na abordagem dos conteúdos de espontaneidade, pois define a entropia como a função responsável ao se determinar a espontaneidade de um processo, entretanto diferentemente dos outros livros analisados também cita a função energia livre e sua utilidade em processos que ocorrem à temperatura e pressão constante.

Além disso, o livro possui uma estrutura diferente em relação aos outros, os textos e atividades são utilizados para o desenvolvimento dos conteúdos do capítulo. Foram também considerados pontos positivos deste livro, a interdisciplinaridade e a contextualização, além da evolução histórica de conceitos e da Química como Ciência e uma abordagem microscópica em diversos momentos do livro.

5.1.4. Livro Didático 4 (LD 4)

O livro didático Química Cidadã (LD 4) é subdividido em unidades e o capítulo 4 da segunda unidade é intitulado Termoquímica sendo composto por 44 páginas. Logo no

índice é destacado dentro do capítulo um tópico sobre a espontaneidade das transformações, dando ênfase a função termodinâmica entropia.

O capítulo se inicia com um longo texto sobre energia e ambiente, trazendo uma discussão sobre o papel da energia e suas transformações na sociedade moderna. Um ponto interessante acerca deste texto é que este se relaciona com o cotidiano e ao mesmo tempo introduz certos conceitos interessantes para o aluno, como por exemplo, combustão completa e incompleta, octanagem do combustível, os gases poluentes da combustão e as relações entre desempenho dos carros e consumo de combustível. Esta abordagem é interessante, pois desde o primeiro momento do capítulo o aluno tende a associar os conteúdos que serão introduzidos as suas vivências cotidianas.

Após o texto introdutório o capítulo faz uma menção sobre a Termodinâmica como um ramo da Física que estuda as relações das transformações com a transferência de calor e citando que a Termodinâmica atualmente estuda os processos físicos relacionados à energia. É feita menção também as leis que permitem a previsão do comportamento de determinados sistemas materiais, e menciona uma área da Termodinâmica que se dedica ao estudo das transformações químicas como Termoquímica.

Esse modo de apresentação de ramos da Ciência que trabalha de forma interligada é incentivado pelas orientações do OCENEM e PCN, pois trata a Ciência como uma estrutura unificada e não fragmentada, o que pode auxiliar o aluno no processo de ensino-aprendizagem das disciplinas como um todo.

A referência sobre a utilização do fogo como fonte de aquecimento e iluminação é o mote inicial para uma discussão sobre o equilíbrio térmico e o princípio zero da Termodinâmica através de situações cotidianas. Os autores logo em seguida conceituam sistema, vizinhança e fronteira. São também conceituados e exemplificados os tipos de sistemas (isolado, fechado e aberto) para que enfim se cheguem às definições científicas de calor.

É interessante ressaltar que durante a discussão do termo calor os autores enfatizam que o significado da palavra calor, e sensações de quente e frio possuem diferentes significados no nosso dia-a-dia e na Ciência e que a linguagem empregada deve ser precisa e seus significados devem estar claros para os alunos. Logo em seguida são introduzidas as unidades de medida para energia e suas correlações matemáticas.

No trabalho realizado por Solbes e Tarín (1998), os autores afirmam que as ideias prévias dos alunos sobre conceitos como energia e calor são levadas em conta por poucos livros didáticos, em todos os níveis de ensino. Sendo assim, é necessário que os livros didáticos possam sanar eventuais equívocos conceituais dos alunos, ou seja, fazer com que conceitos que possuam um determinado significado no cotidiano do aluno, sejam compreendidos também de forma científica.

O segundo tópico é referente à calorimetria, citando que o aparelho denominado calorímetro é capaz de medir a quantidade de calor liberada em uma reação de combustão através da variação de temperatura do processo. Em seguida é proposto um experimento para a construção e demonstração do funcionamento de um calorímetro. Os autores mencionam que o objetivo do experimento é à construção de um calorímetro e a posterior comparação da quantidade de calor necessária para aquecer diferentes objetos.

A Primeira Lei da Termodinâmica é relacionada ao processo de conversão de energia em diferentes formas e conceituada como “a energia interna de um sistema isolado é constante”, podendo também ser chamada de Princípio da Conservação da Energia. Em seguida é abordado o conceito de capacidade calorífica (C) de um material. Os autores associam a capacidade de transferir calor dos materiais a sua condutividade térmica, exemplificando que os metais são bons condutores térmicos e materiais como madeira, isopor não são bons condutores de calor.

O terceiro tópico é referente às transformações de energia. O estudo se inicia com uma discussão sobre as necessidades energéticas da sociedade nas suas variadas formas e a conversão da energia de uma forma para outra, enfatizando a conversão do calor em trabalho. Os autores falam da etimologia da palavra energia, conceituando energia como sendo a mola propulsora de uma transformação ou movimento de um sistema, o que enfatiza as relações entre energia, trabalho e calor.

O tópico possui um texto sobre a conversão de trabalho e calor relacionados ao Primeiro Princípio da Termodinâmica, utilizando definições da Física para trabalho. Há um destaque para a conversão de calor em trabalho como o princípio de funcionamento das máquinas a vapor.

A partir desse ponto, uma abordagem histórica sobre o processo de desenvolvimento das máquinas a vapor é realizado, citando que o trabalho de Carnot e outros cientistas que possibilitaram o desenvolvimento dos princípios e leis da Termodinâmica.

O tópico seguinte é relacionado ao calor de reação ou entalpia, onde novamente um pequeno texto introdutório é utilizado. Na sequência é citada a tendência universal dos corpos alcançarem os estados de menor energia potencial e citando que esse princípio também é válido para as reações químicas. Somente após esta explanação inicial é que os conceitos de reações endotérmicas e exotérmicas são apresentados.

Diagramas de energia são utilizados para a demonstração das reações endotérmicas e exotérmicas nos processos, onde os autores indicam o sentido do fluxo de energia. Nos processos endotérmicos o sistema recebe energia das vizinhanças e nos processos exotérmicos o sistema libera energia para a vizinhança, fazendo também a convenção matemática para os processos citados.

A entalpia é definida como uma propriedade que é determinada a partir dos estados inicial e final, e novamente o calorímetro é utilizado como demonstração de onde o conceito de entalpia é encaixado de forma aplicada para os alunos. O conceito de estado de um sistema como sendo o conjunto de propriedades e variáveis de estado como sendo as propriedades que definem um sistema.

Todos estes conceitos são explanados para a compreensão das informações necessárias para a representação adequada de uma equação termoquímica e das condições padrão de uma reação. Em seguida são explanados os conceitos de entalpia de formação e entalpia de ligação, através do uso de tabelas e exemplos de reações.

A lei de Hess é o conteúdo de um tópico sendo enfatizado que a variação de entalpia de um processo depende apenas do estado inicial e do estado final. O último tópico do capítulo descreve a espontaneidade dos processos: entropia. É feita uma referência ao Primeiro Princípio da Termodinâmica e que energia é liberada ou absorvida em um processo.

Utilizando como exemplo o processo de troca de calor entre dois corpos a temperaturas diferentes e a impossibilidade de dois corpos em equilíbrio térmico estabelecerem espontaneamente uma diferença de temperatura é exemplificado que alguns processos ocorrem naturalmente em um sentido e não ocorrem no sentido contrário,

conceituando que os processos que não retornam ao estado inicial são denominados processos irreversíveis.

Os autores indagam que o processo inverso do equilíbrio térmico não iria contrariar a Primeira Lei da Termodinâmica, pois a energia seria conservada. E citam que a Segunda Lei da Termodinâmica é que justifica a espontaneidade dos fenômenos. A Segunda Lei da Termodinâmica é apresentada segundo a definição de Clausius: “é impossível haver transferência espontânea de calor de um objeto frio para outro mais quente”.

Em seguida é introduzido o conceito de variação da desordem de um sistema e a sua relação com a espontaneidade dos processos físicos. Enfim é citada a grandeza denominada entropia (S) e definida como a medida da desordem do sistema.

São fixados os limites para a conversão de calor em trabalho com a seguinte afirmação “uma mudança espontânea é acompanhada por um aumento da entropia total do sistema e das suas vizinhanças”. O capítulo se encerra com uma lista de exercícios e uma revisão sobre os conceitos estudados no capítulo.

O livro remete a cada seção, através de textos, as questões referentes à utilização e aplicação dos conceitos, ou seja, a abordagem é contextualizada, sendo perceptível também a interdisciplinaridade com a Física neste capítulo, no momento em que é citada a Termoquímica com um ramo da Termodinâmica, assim o ensino da Ciência como um todo se torna menos fragmentado.

Ressalta-se a preocupação dos autores com o contexto histórico e a evolução dos conteúdos apresentados, entretanto deixa-se um pouco a desejar a abordagem microscópica dos fenômenos apresentados, sendo esta substituída pela preocupação acerca dos impactos causados pelo uso indevido das matrizes energéticas atuais. A linguagem utilizada neste livro é um ponto positivo, sendo introduzidos os termos científicos adequados para o estudo da Termodinâmica, como sistema, vizinhança e fronteira.

No trabalho de Wartha e Faljoni-Alário (2006) sobre os livros didáticos de Química, os autores afirmam que apenas 19% dos termos referentes à contextualização apresentados nos livros didáticos são referentes à tradução das ideias do senso comum para um conhecimento químico. Isso pode contribuir para que os alunos mantenham concepções inadequadas de termos científicos, como calor ou fenômeno espontâneo.

É citado no texto o Princípio Zero, a Primeira e Segunda Lei da Termodinâmica. O conteúdo entropia é abordado de forma conceitual e relacionado diretamente ao Segundo Princípio da Termodinâmica e ao aumento da desordem de um sistema, contudo não foram apresentadas as condições nas quais a entropia pode ser considerada como fator decisivo para a determinação dos processos espontâneos, somente foi citado que em um processo espontâneo, há um aumento na entropia do sistema e na entropia da vizinhança.

Através do que são recomendados no OCNEM onde o aluno deve conhecer os processos do ponto de vista microscópico bem como do ponto de vista energético, acreditamos que uma abordagem microscópica do aumento de entropia nos processos espontâneos bem como a introdução do conteúdo energia de Gibbs como critério de espontaneidade seria um facilitador a mais para a compreensão dos alunos acerca da direção espontânea dos processos cotidianos.

5.1.5. Livro Didático 5 (LD 5)

O livro didático, Química – Ser Protagonista (LD 5) é dividido em unidades temáticas e a segunda unidade é referida ao conteúdo Termoquímica. A unidade é composta de 24 páginas, iniciando com a fotografia de uma indústria de biodiesel e suscitando perguntas para reflexão acerca da necessidade do uso de energia em suas mais diferentes funções, das vantagens de combustíveis fósseis e a utilização de outras fontes como as biomassas.

O primeiro tópico do capítulo versa sobre os estados físicos e entalpia, citando o ciclo da água como exemplo das mudanças de estados físicos e da energia transferida nesses processos. Em seguida é feita uma correlação entre a formação e a ruptura de ligações químicas com a energia envolvida nesse processo, e conceitua reações endotérmicas e exotérmicas. Um diagrama de energia é utilizado para a visualização de reações endotérmicas e exotérmicas. É apresentado as unidades de medida da quantidade de calor e com ela o conceito de calor específico.

O segundo tópico trata de entalpia e variação de entalpia, iniciando com um exemplo da ebulição da água e uma visão molecular do processo, com o aumento de entalpia. Em seguida, é associada a um processo exotérmico uma variação de entalpia negativa e a um processo endotérmico uma variação de entalpia positiva.

É abordado também a variação de entalpia nas mudanças de estado físico da matéria e a variação de entalpia em reações endotérmicas e exotérmicas, entretanto a explanação é muito sucinta e são utilizados com maior frequência gráficos de energia para a ilustração destes processos.

O terceiro tópico discorre sobre a entalpia padrão e equações químicas. Em seguida os conceitos de entalpia de formação, entalpia de combustão e energia de ligação são apresentados, bem como a representação adequada de uma equação termoquímica. Neste ponto são apresentadas diversas tabelas com valores de entalpias e equações termoquímicas para fixação dos conteúdos pelos alunos.

O último tópico do capítulo refere-se à Lei de Hess, explicando que caso não seja possível realizar medições para a determinação da entalpia de reação, pode-se utilizar um conjunto de equações termoquímicas adequados que, quando rearranjadas podem nos dizer o valor da entalpia daquela reação de interesse. E conceitua que o processo de adição de entalpias de reação é conhecido com lei de Hess. O capítulo se encerra com uma proposta de experimento “Decomposição da água oxigenada” que tem como objetivo investigar o calor envolvido na reação de decomposição da água oxigenada e um esquema resumindo os conteúdos trabalhados no capítulo.

O livro didático se utiliza prioritariamente de exercícios resolvidos e atividades logo após cada tópico para a fixação dos conteúdos. São apresentados em quadros explicativos alguns fatos históricos acerca do conteúdo trabalhado em uma seção denominada “Química tem História”. Entretanto não há uma ênfase na abordagem microscópica dos fenômenos apresentados. Ainda são encontrados exercícios de vestibular e do ENEM que podemos refletir como sendo uma preocupação demasiada com os conteúdos em detrimento do entendimento da Ciência como um todo.

O livro apresenta de forma muito resumida os conceitos referentes ao estudo em questão, utilizando constantemente, gráficos e tabelas, onde são apresentadas informações demasiadas que pouco acrescenta ao entendimento dos fenômenos e conseqüentemente uma visão mais ampla da Química. Novamente a Termoquímica é dissociada da Termodinâmica, ou seja, a fragmentação dos conteúdos é mantida e não há a interdependência neste caso da Química com a Física.

Os conteúdos de entropia e energia de Gibbs não são citados em nenhum momento no texto do capítulo, bem como os processos espontâneos e irreversíveis. Este livro foi adotado pelas duas escolas profissionais investigadas neste trabalho.

No Ensino Médio os aspectos relacionados à conservação e transferência da energia são mais abordados comparando aos aspectos termodinâmicos dos processos espontâneos (SOLBES; TARÍN, 1998). Todavia a dispersão da energia recebe pouca atenção, mesmo estando presente nos planos e orientações de ensino (ZAMORANO; MOROS; GIBBS, 2011).

A partir dos estudos de Almeida (2003) em Portugal, Solbes e Tarín (1998) e Zamorano, Moros e Gibbs (2011) na América Latina, que visualizaram diferentes realidades, podemos observar que no que se refere ao Ensino Médio Brasileiro, o panorama não é diferente. Os aspectos termodinâmicos não são enfatizados apesar de existirem diferentes orientações recomendando a abordagem destes conteúdos.

Outro fato chamou a atenção, em uma das escolas analisadas (Escola Regular 1) o livro adotado não fazia parte dos livros atualmente recomendados pelo PNLD, ressaltando o fato que o mesmo também não aborda o conteúdo de espontaneidade, entropia e energia de Gibbs. Campanario (2001) afirma que para muitos professores a escolha do livro didático também se caracteriza em uma escolha curricular e esta assume uma grande importância, pois este recurso exerce um poderoso efeito sobre o ensino e sua abordagem e, conseqüentemente, na aprendizagem dos alunos.

A escolha dos livros didáticos é um processo de suma importância, pois em muitos casos este é o único recurso utilizado pelo professor para orientá-lo em sua prática docente (MAIA *et al*, 2011). Echeverría *et al*. (2008) destacam que a partir do ano de 2008 a escolha do livro didático deixa de ser um jogo entre as editoras e passa a ser um processo rígido com critérios bem definidos estabelecidos pelo PNLD.

Entretanto, a realidade ainda está distante do que seria esperado, o trabalho de Lima e Silva (2010) mostrou que 10% dos professores da rede pública de Minas Gerais escolhem o livro didático pelo autor, e que apenas 2% dos professores entrevistados recorrem às orientações oficiais para definir o livro a ser adotado. A contextualização também é uma característica sempre ressaltada pelos professores no momento da escolha do livro didático.

5.2. Entrevista com os Professores

Dos três professores entrevistados apenas um professor participou do processo de escolha e adoção do livro utilizado. Segundo este professor, para o processo de escolha é importante que se conheça o Guia do Livro Didático e leve em consideração as resenhas contidas neste documento. Ainda o livro escolhido deve estar de acordo com o Projeto Político Pedagógico da escola bem como a realidade sociocultural da instituição.

A seleção dos livros didáticos, segundo a opinião do professor, deve satisfazer alguns critérios, tais como a necessidade de relacionar os conteúdos com o cotidiano, com o vestibular e Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) para reunir informações em um único volume (LOGUERCIO; SAMRSLA; DEL PINO, 2001).

Citando as respostas dos professores entrevistados, um livro pode ser considerado adequado se abordar a linguagem científica de forma clara e contextualizada e possuir uma proposta temática adequada.

“Proposta temática adequada, os conteúdos, habilidades e competências que o material possui e ajuda a desenvolver em sala de aula.”

Professor A

“Contextualizado, com metodologia que desperte o interesse do aluno e práticas coerente com o assunto quebrando assim, estereótipos da disciplina.”

Professor B

Deve abordar uma linguagem científica e contextualizada clara, além de trazer uma abordagem coerente em suas ilustrações.

Professor C

O processo ainda deve levar em conta se o livro didático apresenta algum obstáculo epistemológico que venha a dificultar a aprendizagem do aluno. Segundo Lopes (1992), os obstáculos epistemológicos podem ser entendidos como entraves inerentes ao próprio conhecimento científico, que bloqueiam a sua construção e desenvolvimento.

Em seu trabalho, Maia *et. al.* (2011), afirma que os professores de Química selecionam os conteúdos que acreditam ser importantes para o aluno do Ensino Médio, e temas como funções orgânicas, ligações químicas e estequiometria foram os mais citados, enquanto a temática energia foi a menos lembrada pelos professores.

Os três professores entrevistados afirmaram que trabalham o conteúdo de processos espontâneos com seus alunos. O professor A afirmou que trabalha o conteúdo do livro e conteúdos de sites de internet em pesquisas realizadas no laboratório de informática da escola, entretanto o livro adotado pela escola para a disciplina de Química não aborda o conteúdo de fenômenos espontâneos. O professor B afirma que não trabalha esse conteúdo através do livro didático, pois o mesmo não aborda o conteúdo de maneira satisfatória. Ainda segundo este professor, o aluno deve reconhecer, descrever e explicar os fenômenos fugindo das classificações tão comuns em livros didáticos. Já o professor C afirma que trabalha o conteúdo de processos espontâneos através de pesquisa na internet.

Esta afirmação mostra que os professores ainda valorizam de modo excessivo os conteúdos tradicionais e fragmentados, não levando em consideração temas que podem ter maior integração com o dia-a-dia do aluno e a sua formação crítica de cidadão. Segundo Loguercio, Samrsla e del Pino, (2001) os professores apresentam lacunas em sua formação acadêmica das quais podemos destacar o processo de análise de livros didáticos.

Ainda na entrevista realizada com os professores das escolas que foram investigadas neste trabalho, os três professores afirmaram que em sua formação como Licenciados em Química não participaram de disciplinas que abordassem os critérios de avaliação e adoção de livros didáticos.

Neste ponto são perceptíveis algumas falhas no critério de escolha relatado anteriormente, pois dois conteúdos que são cobrados em exames para ingresso nas instituições de Ensino Superior (no caso ENEM e o Vestibular) não são abordados de forma adequada em 80% dos livros atualmente recomendados pelo PNLD. Os alunos oriundos do Ensino Médio poderão ainda concorrer uma vaga em instituições de ensino Superior, e os processos seletivos cobram os assuntos de entropia e energia de Gibbs.

O fato dos livros didáticos não abordarem o conteúdo de fenômenos espontâneos que pode ser facilmente contextualizado, exemplificado e que poderá ser posteriormente cobrado aos alunos em exames é preocupante, tendo em vista que estes livros foram

previamente avaliados por uma comissão de professores e especialistas na área. Para Le Maréchal e Bilani (2008) a vida diária, através de exemplos simples como derretimento de um cubo de gelo ou aquecimento de um lar, permite ao professor apresentar uma multiplicidade de conceitos termodinâmicos para os alunos.

Além disso, a Secretaria da Educação do Ceará (SEDUC) através de um documento intitulado “Matrizes Curriculares para o Ensino Médio” recomenda a abordagem do tema entropia e energia de Gibbs no terceiro bimestre do 2º Ano do Ensino Médio, temas que envolvem o desenvolvimento de diversas competências e habilidades necessárias ao aprendizado do aluno (SEDUC, 2009).

O papel do professor neste contexto é de grande importância, pois este possui toda a autonomia para abordar estes conteúdos mesmo que não seja através do livro didático. Em sua prática o professor pode utilizar de recursos outros como artigos científicos, vídeos, experimentos que possam suprir esta lacuna deixada atualmente pelos livros didáticos.

O conjunto de saberes científicos e pedagógicos que o professor se utiliza para mediar o aprendizado do aluno é denominado de “*Pedagogical Content Knowledge*” (PCK) ou “Conhecimento Pedagógico do Conteúdo”. Segundo Shulman (1987) o PCK é a combinação entre o conhecimento do assunto a ensinar, o conhecimento pedagógico e o didático, que se integram num ato reflexivo e de interpretação crítica para ensinar um tópico específico.

Segundo Rollnick *et al.* (2008) os professores devem fazer a integração dos quatro domínios fundamentais de conhecimento: a) conhecimento específico; b) conhecimento dos alunos; c) conhecimento pedagógico geral e d) conhecimento do contexto, constituindo assim o PCK. Neste caso o conhecimento do contexto, livro didático que não aborda determinada temática que de acordo com o currículo vigente deve ser abordada, emerge como fator importante para o desenvolvimento da prática docente.

Entretanto, segundo Solbes e Tarín (1998), um percentual muito reduzido de professores em formação ou já em atividade considera ser conveniente levar em conta as ideias prévias dos alunos ao introduzir os conceitos de energia. É importante que o professor leve em consideração o conhecimento prévio dos alunos durante a abordagem de um conteúdo, pois assim, o professor pode sanar os equívocos ou concepções errôneas dos alunos.

O aprendizado destes assuntos poderia ainda facilitar e/ou complementar o entendimento em outro importante conteúdo, Equilíbrio Químico, pois nos livros didáticos sua abordagem é a partir da cinética, desconsiderando a abordagem termodinâmica. De acordo com Sabadini e Bianchi (2007) a interpretação termodinâmica de equilíbrio químico é mais ampla que a cinética que é utilizada nos livros didáticos, configurando assim um ponto negativo dos livros didáticos.

Os autores ainda acreditam que o tratamento dado ao Equilíbrio Químico a partir da termodinâmica, citando que o ponto máximo de entropia ou o ponto de variação nula na energia livre equivalem ao ponto de equilíbrio químico, traria ganhos no aprendizado dos alunos, onde uma vez que o conceito de equilíbrio seria mais preciso e poderia ser encaixado dentro de uma perspectiva maior evitando a fragmentação dos conteúdos.

5.3. Avaliação dos Questionários

Os resultados dos questionários serão apresentados por modelo de ensino (ensino regular, ensino profissional e licenciatura em Química) através de gráficos, levando-se em consideração as respostas corretas, assim é possível fazer uma comparação entre escolas da Capital e do Interior do Estado. Com relação às respostas subjetivas no primeiro questionário, as respostas foram agrupadas em quatro categorias, a saber:

Categoria A – respostas que mantêm concepções de senso comum; Categoria B – respostas que apresentam algum conhecimento científico, entretanto estão em desacordo com a resposta considerada adequada; Categoria C – respostas que estão em concordância com o conceito adequado de espontaneidade; Categoria D – respostas em branco (TABELA 5).

Tabela 5 – Categorização das Respostas do item 6 – Primeiro Questionário

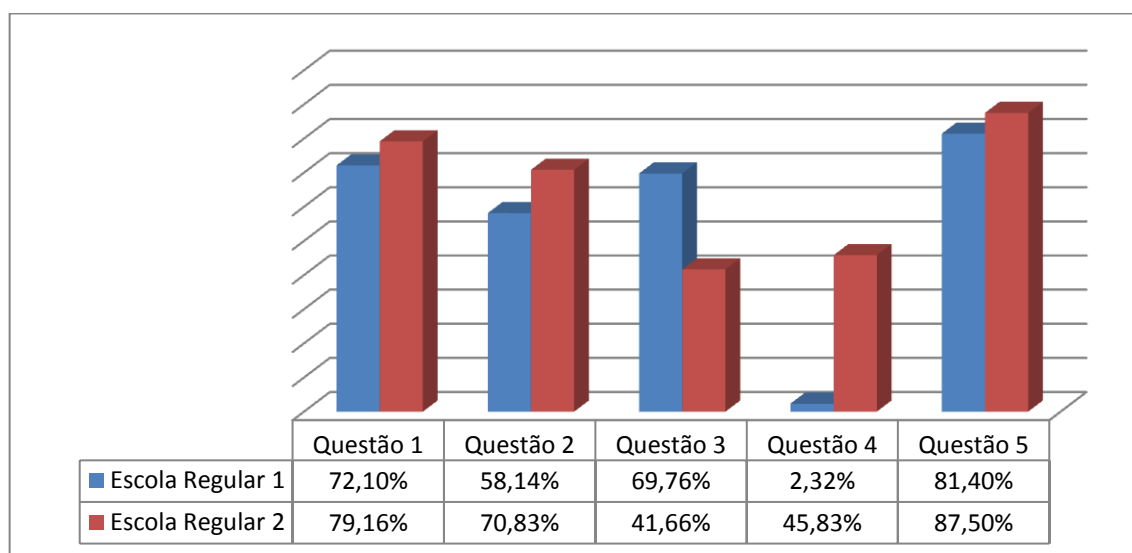
CATEGORIA	SIGNIFICADO
A	Respostas ligadas ao senso comum
B	Termos científicos, entretanto em desacordo com o conceito adequado.
C	Resposta adequada
D	Não responderam

Fonte: Próprio Autor

5.3.1. Escolas Regulares

A partir do tratamento dos dados obtidos do primeiro questionário (Figura 1) pode-se perceber um bom nível de acertos, o que mostra que os alunos conseguem classificar com certa facilidade se um determinado fenômeno ocorre de maneira espontânea ou não. Os fenômenos apresentados no questionário eram de percepção do cotidiano dos alunos, como por exemplo, o processo de oxidação de um metal (ferrugem de um prego) ou a fusão (derretimento) de um cubo de gelo deixado ao solo de Fortaleza.

Figura 1 – Distribuição Percentual de Acertos dos Estudantes das Escolas Regulares 1 e 2 em relação ao Questionário 1



Fonte: Próprio Autor

Entretanto, são observadas nos alunos, dúvidas e confusões sobre o sentido dos processos espontâneos, bem como a sua irreversibilidade (COLOVAN, DA SILVA, 2005). Os alunos consideram que o retorno espontâneo de um fenômeno é uma propriedade natural dos corpos (DA SILVA, 2009).

Os alunos não conseguem visualizar e interpretar as interações entre sistema e vizinhanças e com isso barreiras conceituais são mantidas traduzindo-se em dificuldades de compreensão nos sistemas termodinâmicos (PACCA, HENRIQUE, 2004).

Comparando os resultados apresentados na, percebe-se que os alunos da escola regular 2 (Fortaleza) foram melhores em quatro das cinco questões propostas. O elevado número de acertos em quase todas as questões não causa surpresa, pois o primeiro

questionário poderia ser solucionado utilizando-se apenas senso comum para a determinação de um fenômeno espontâneo.

Na primeira questão foi avaliado se os alunos reconheciam a transferência espontânea de energia, na forma de calor, devida a uma diferença de temperatura entre dois corpos e percebe-se elevados índices de acertos, tanto na escola da Capital quando no Interior. Dos 67 alunos questionados 50 (74,62%) responderam acertadamente a este quesito.

Na segunda questão é indagado aos alunos se o processo de ferrugem de um prego seria um fenômeno espontâneo. Dos 67 alunos questionados 24 deles (35,82%) afirmaram que não ocorre de maneira espontânea, sendo perceptível uma dificuldade em um percentual de alunos em reconhecer esse processo como espontâneo e irreversível. Segundo Solomon (1987) existem dois domínios de conhecimentos, um oriundo das relações sociais e veiculados a todo o corpo social, e o outro veiculado aos conhecimentos escolares. A estruturação e interligação destes domínios são importantes para a formação do senso crítico dos alunos.

A terceira questão apresentou o maior índice de alunos que afirmaram não saber a resposta correta. Este item aborda o fenômeno de expansão espontânea de uma mistura de gases em uma sala de aula, indagando se os alunos considerariam a separação destes gases como um processo espontâneo. Mesmo existindo no Ensino Médio um capítulo de estudo referente ao estudo dos gases e de um razoável número de acertos, uma grande parte dos alunos (58,44%) da escola regular 2 e uma fatia de 30,24% dos alunos da escola regular 1, responderam de forma incorreta ou afirmaram não saber a resposta.

A quarta questão apresentou os menores índices de acertos tanto pelos alunos da escola do Interior quanto da escola da Capital. Esta questão apresentava dois fenômenos: o primeiro o derretimentos de um cubo de gelo deixado ao solo de Fortaleza, e o segundo o não derretimento deste cubo quando deixado ao solo da Antártida (local com a temperatura menor que o ponto de fusão da água) e indagava qual destes fenômenos ocorria de forma espontânea.

É interessante perceber os resultados em relação a esta questão, muitos alunos acreditam que apenas o primeiro fenômeno ocorre de maneira espontânea, pois este é um fenômeno que os alunos já vivenciaram, ou seja, faz parte do seu cotidiano facilitando com que os alunos o reconheçam como espontâneo.

Entretanto o segundo fenômeno não é de convívio dos alunos o que acaba gerando confusões ao se determinar se o processo pode ocorrer ou não de forma espontânea. Isso nos mostra que os alunos não possuem um conceito formal de processos espontâneos que possa ser utilizado nas mais diversas situações e sim que as respostas apresentadas neste primeiro questionário são dadas a partir da vivência dos alunos com os fenômenos apresentados, ou seja, através do senso comum.

O PCN⁺ adverte que uma das competências a serem desenvolvidas através do ensino da Química é a capacidade do aluno em analisar e interpretar diferentes tipos de textos e comunicações que se referem ao conhecimento científico e tecnológico (BRASIL, 2002).

Da Silva (2009) argumenta que os alunos do ensino médio descrevem processos reversíveis ou irreversíveis de maneiras diferentes, dependendo do evento em si. Ou seja, não há um conceito formado que possa ser aplicado em vários exemplos diferentes.

A última questão objetiva indaga se a água que flui do alto de uma represa pode espontaneamente voltar a sua posição inicial. O observado é que os alunos reconhecem facilmente que este processo não pode ocorrer de forma espontânea. Um percentual de 83,59% do total de alunos que participaram do questionamento responderam acertadamente este item.

Através da análise do discurso dos alunos para a questão subjetiva, se confirma a hipótese de um conhecimento pautado no senso comum dos alunos, pois as respostas pouco se aproximam do conceito científico adequado para descrever um fenômeno espontâneo.

Dos 67 alunos, 60 (89,5%) tiveram respostas que se encaixavam na categoria A. Um aluno teve sua resposta atribuída à categoria B, nenhum aluno teve sua resposta considerada adequada (categoria C) e seis alunos não responderam ao questionamento (TABELA 6).

Tabela 6 – Distribuição das Respostas em função das Categorias (Escolas Regulares)

Categoria	Número de Respostas	% de Respostas
A (Senso Comum)	60	89,5
B (Termos científicos inadequados)	1	1,5
C (Resposta Correta)	0	-
D (Em branco)	6	8,9

Fonte: Próprio Autor

A partir das repostas dos alunos para a questão subjetiva percebe-se claramente a ligação direta entre suas respostas e as vivências cotidianas, o que reforça ainda mais as orientações do MEC de tornar o ensino de Química voltado para o dia-a-dia dos alunos, ou seja, que os alunos percebam que os conceitos trabalhados em sala de aula possam explicar os fenômenos que ocorrem constantemente ao seu redor. Neste caso, nenhuma resposta foi considerada como adequada ao conceito formal de fenômeno espontâneo.

“Algo que ocorre naturalmente, não é necessário uma pressão para que ocorra este processo”. (Categoria A)

Aluno da Escola Regular 1

“Fenômeno espontâneo é aquele que o elemento faz ou se transforma por “vontade”; ex: um skate descendo uma ladeira”. (Categoria A)

Aluno da Escola Regular 2

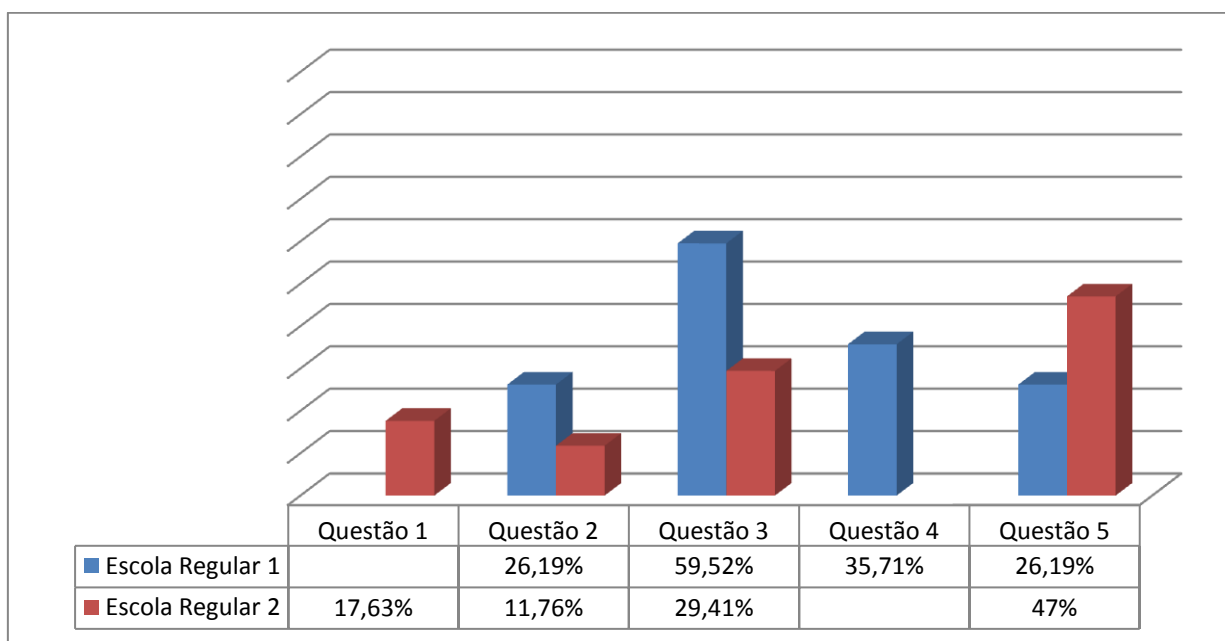
Vemos que as repostas praticamente não possuem um grau de formalismo científico, e sim repostas que são adequadas às vivências dos estudantes. O exemplo do skate descendo uma ladeira citado por um aluno é, com certeza, um fenômeno espontâneo, entretanto o conceito utilizado para definir o processo ainda está aquém de um conceito científico aceitável. As competências a serem desenvolvidas no ensino de Química envolvem a

descrição de fenômenos, substâncias, materiais, propriedades e eventos químicos, em linguagem científica, relacionando-os a descrições na linguagem corrente (BRASIL, 2002).

Almeida (2003) cita que palavras comuns que possuem mais de um significado podem influenciar os alunos a persistir nas concepções alternativas e senso comum. Por exemplo, processo espontâneo traz o significado de fato que ocorre sem intervenção do homem, ou naturalmente, enquanto seu significado termodinâmico é bastante diferente.

A análise dos resultados do segundo questionário (FIGURA 2) mostra que o nível de acertos foi consideravelmente menor que no primeiro questionário, pois este exigia um conhecimento tácito dos conteúdos de Química, como entropia e energia de Gibbs. A escola regular 1 e a escola regular 2 respectivamente não obtiveram acertos nas questões 1 e 4.

Figura 2 – Distribuição Percentual de Acertos dos Estudantes das Escolas Regulares 1 e 2 em relação ao Questionário 2



Fonte: Próprio Autor

Neste questionário, os fenômenos foram apresentados com um maior formalismo científico, onde termos, soluto, oxidação e equilíbrio foram acrescentados às perguntas, não com o intuito de dificultar o entendimento dos processos descritos, mas sim porque a Química, como ciência, possui sua própria linguagem e esta deve se tornar familiar aos alunos de Ensino Médio.

Os alunos reconheceram no primeiro questionário a troca de calor entre dois corpos com temperaturas diferentes como sendo um processo espontâneo, onde 50 alunos, ou seja, 74,62% dos 67 alunos acertaram a questão. Entretanto, quando questionados acerca de qual o fator seria responsável pela ocorrência do fenômeno apenas três alunos (5,08%), todos da escola regular da Capital, relacionaram o fato à energia de Gibbs.

Na segunda questão foi indagado aos alunos sobre o fator responsável pela dissolução de um soluto em água. Podemos correlacionar o baixo índice de acerto a ausência do conteúdo energia de Gibbs nos livros didáticos utilizados. Dos 59 alunos questionados 27 deles (45,76%) afirmaram que a entalpia, neste caso possivelmente, a entalpia de hidratação ou solvatação, é o fator responsável pelo processo.

A base comum de conteúdos de Química nas OCNEM trás que o aluno deve ter a compreensão do conceito de temperatura de ebulição e fusão e suas relações com a pressão atmosférica, a natureza das substâncias e a presença de solutos dispersos em seu meio. Todos os livros analisados abordam o conteúdo entalpia, levando com que os alunos relacionem a dissolução de um soluto em água apenas a entalpia.

Entretanto, algumas reações de dissolução são endotérmicas, ou seja, a entalpia é positiva, o que não pode ser encarado como fator preponderante para a ocorrência espontânea de um fenômeno, pois não corresponde à tendência natural dos sistemas diminuírem sua energia total.

Os alunos não associam o fato à diminuição da energia de Gibbs, neste caso, os alunos não estão levando em consideração a contribuição do fator entropia para decidir se o fenômeno é espontâneo ou não. O aumento da entropia contrabalança o aumento de entalpia no sistema, possibilitando assim que haja uma diminuição na energia de Gibbs do sistema e que a dissolução endotérmica de alguns solutos seja um processo espontâneo.

Assim como no primeiro questionário, onde os alunos mostraram certa confusão ao assinalar o processo de não derretimento do gelo como espontâneo ou não, neste questionário eles relacionam este fato diretamente ao fator temperatura. Nenhum aluno da escola regular do Interior considerou a energia de Gibbs como fator responsável pelo processo e 15 alunos da escola regular da Capital responderam adequadamente. Enquanto 29 alunos (49,15%) dos 59 que participaram neste momento, consideram a temperatura como o fator preponderante para a ocorrência espontânea do processo.

A maioria dos alunos não consegue apontar de forma correta dentre uma série de opções como: temperatura, pressão, entalpia, entropia e energia de Gibbs, qual o fator determinante para que um fenômeno ocorra de maneira espontânea. Segundo Cotignola *et al.* (2002) os livros didáticos comuns costumam trazer significados confusos para termos que possuem semântica análoga no senso cotidiano dos alunos, por exemplo, calor e energia.

Esta situação atrasa e causa enganos na compreensão de conceitos termodinâmicos pelos alunos. Colovan e da Silva (2005) discutem que não existe um consenso entre os alunos que a diminuição da entalpia (reação exotérmica) e o aumento de entropia (desordem) o que acarretaria numa diminuição da energia de Gibbs, sejam uma tendência natural após a ocorrência de fenômenos espontâneos.

A abordagem incompleta ou inadequada de assuntos como entropia e energia de Gibbs pode trazer algumas situações onde a vida cotidiana do aluno parece estar em desacordo com as afirmações científicas. Os livros didáticos de Química abordam a primeira Lei da Termodinâmica que afirma que a energia se conserva, enquanto cotidianamente os alunos veem ou ouvem que devemos economizar energia para evitar uma crise energética.

Destes resultados podemos destacar a questão de número cinco (5), esta questiona aos alunos o fator responsável por um determinado fenômeno acontecer de forma espontânea ou não. Novamente a base comum de conteúdos apresentada nas Orientações Curriculares do Ensino Médio afirmam que o aluno deve ter a compreensão do significado das aplicações das primeira e segunda lei da termodinâmica no estudo das transformações químicas (BRASIL, 2006).

As duas escolas regulares analisadas não obtiveram um nível razoável de acertos nesta questão, dos 59 alunos que participaram do questionário apenas 19 deles, ou seja, 32,20% do total indicaram que o fator responsável por um fenômeno espontâneo é a energia de Gibbs, o que mostra que o conceito de espontaneidade de um fenômeno não é compreendido pela maioria dos alunos.

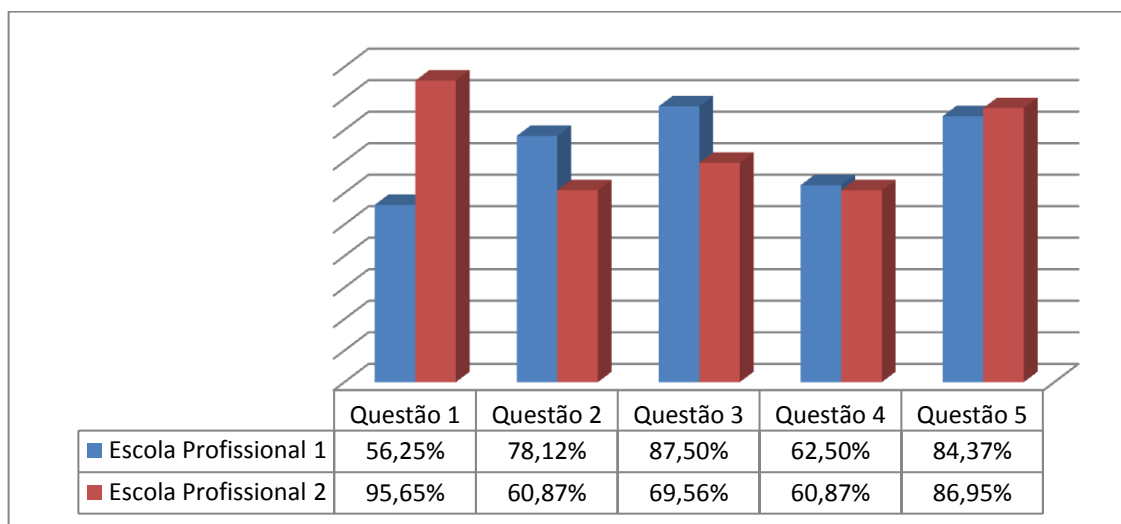
Comparando as escolas da Capital e Interior, a escola do Interior teve melhor resultado em três das cinco questões apresentadas. No entanto, devido ao perfil inconstante de acertos e erros não podemos afirmar que exista uma prevalência relevante entre a escola da Capital e a do Interior neste modelo de ensino.

5.3.2. Escolas Profissionais

As escolas profissionais atuam sob um regime diferente das escolas regulares, estas trabalham em turno integral, havendo a junção do ensino médio com o profissionalizante. Os alunos são divididos em turmas de acordo com o curso técnico para o qual se matricularam. Ao final dos três anos correspondentes ao ensino médio os alunos concluem de forma simultânea um curso técnico.

Os resultados do primeiro questionário concordam com o que foi argumentado anteriormente em relação às escolas regulares, elevados índices de acertos nas questões, evidenciando que os alunos podem facilmente distinguir os fenômenos cotidianos que ocorrem de maneira natural. Comparando os resultados das escolas neste primeiro momento a escola profissional 1 (Interior) obteve maior índice de acertos em três das cinco perguntas realizadas (FIGURA 3).

Figura 3 – Distribuição Percentual de Acertos dos Estudantes das Escolas Profissionais 1 e 2 em relação ao Questionário 1



Fonte: Próprio Autor

A primeira questão mostra que dos 55 alunos questionados 40 deles, ou seja, 72,73% reconhecem o processo de troca de calor entre os corpos como espontâneo. Praticamente 96% dos alunos da escola profissional da Capital acertaram ao questionamento contra 56,25% dos alunos da escola do Interior. Estes resultados se assemelham aos resultados encontrados na escola regular. Os alunos conseguem identificar com certa facilidade que dois corpos com diferentes temperaturas quando entram em contato, irão entrar em equilíbrio térmico após um tempo.

Contudo, segundo o trabalho de Colovan e da Silva (2005) os alunos concebem essa transferência (de calor) nos dois sentidos, ou seja, tanto do corpo de menor temperatura como do corpo de maior temperatura. Essa concepção lhes parece plausível, pois não vai de encontro ao observável no final do processo, o equilíbrio térmico.

Na segunda questão é relatado o fenômeno de oxidação de um metal exposto ao ar e questionado se este processo ocorre de forma espontânea. Percebe-se uma dificuldade quanto aos alunos em decidir se este evento ocorre espontaneamente ou não. Apesar de este processo estar presente no cotidiano um total de 15 alunos dos 55, não acertaram ao questionamento. Este fato novamente pode estar relacionado à falta de um conceito sólido que possa ser amplamente utilizado em diversos casos.

A questão que expõe o preenchimento de uma mistura de gases pelo volume de um recipiente e pergunta se é possível a separação destes gases em um único local da sala de aula requer dos alunos além do conhecimento de processos espontâneos uma visão microscópica dos fenômenos, o que está de acordo com o que é recomendada pelas normas do MEC para o Ensino Médio, a integração entre o mundo macroscópico e o mundo microscópico através de uma simbologia adequada para a Química.

Os alunos em sua maioria (78,2%) responderam de forma adequada, assinalando que não era um processo espontâneo a separação de uma mistura gasosa em um único ponto do recipiente. Entre as duas escolas, a escola profissional do Interior obteve um percentual de acertos maior que a escola da Capital.

A quarta questão expõe os processos espontâneos do derretimento de um cubo de gelo ao solo de Fortaleza e o não derretimento de um cubo de gelo ao solo da Antártida. Apesar desta pergunta ser mais complexa para os alunos e não fazer parte totalmente do seu cotidiano, os resultados obtidos mostram que 34 dos 55 alunos assinalaram que os dois fenômenos ocorrem de forma espontânea, entretanto um percentual dos alunos (16,36%) assinalou que nenhum dos processos citados ocorre espontaneamente. Novamente os alunos da escola do Interior apresentaram resultados melhores que os alunos da escola da Capital.

Na última questão, assim como os alunos das escolas regulares, os alunos das escolas profissionais reconhecem com facilidade que o processo de elevação da água a um nível mais alto não pode ocorrer de forma espontânea. Dos 55 alunos questionados 48 deles, (87,27%) assinalaram a resposta correta.

A análise das respostas da questão subjetiva do primeiro questionário é bem similar ao encontrado para as escolas regulares (TABELA 7). As repostas são predominantemente ligadas ao senso comum, e as vivências cotidianas dos alunos. Estas repostas reforçam que os alunos tendem a aprender melhor se o conteúdo que lhes é ensinado também apresentar uma correlação com a sua vida cotidiana. A aplicabilidade e contextualização dos conteúdos de Química se mostram como ferramentas importantes para uma aprendizagem significativa.

Tabela 7 – Distribuição das Respostas em função das Categorias (Escolas Profissionais)

Categoria	Número de Respostas	% de Respostas
A (Senso Comum)	47	85,45
B (Termos Científicos Inadequados)	4	7,28
C (Resposta Correta)	1	1,82
D (Em Branco)	3	5,45

Fonte: Próprio Autor

Na categoria A foram elencadas 47 repostas (85,45%) entre as citações estão: o fenômeno que ocorre naturalmente, sem intervenção do homem.

“Aquilo que acontece naturalmente sem a intervenção do Ser Humano e outros”.

Aluno da Escola Profissional 1

“O fenômeno espontâneo é algo que ocorre por fins da natureza, algo que pode sim ser evitado ou parado, mas que se você deixar a natureza agir ele vai sim acontecer”.

Aluno da Escola Profissional 2

Na categoria B quatro repostas foram identificadas, onde os alunos citam que o fenômeno não pode ser desfeito (fenômeno irreversível) ou não precisa de compostos químicos para acontecer.

“O que acontece naturalmente sem precisar de pressão”.

Aluno da Escola Profissional 1

“É um fenômeno que acontece quimicamente sem a interferência de ação humana”.

Aluno da Escola Profissional 2

Apenas um aluno das escolas profissionais investigadas teve sua resposta identificada na categoria C. Ainda tivemos três alunos que não responderam ao questionamento.

“Sem interferência humana ou algo que altere seu curso natural. Caracteriza-se pela realização passiva, sem gastar energia”.

Aluno da Escola Profissional 2

Assim como nas respostas dos alunos das escolas regulares, as respostas apresentadas pelos alunos das escolas profissionais não apresentam a linguagem científica adequada e requerida para os alunos do último ano do Ensino Médio. As repostas são de certa maneira simples e com erros de escrita e concordância, expondo outras falhas no sistema educacional.

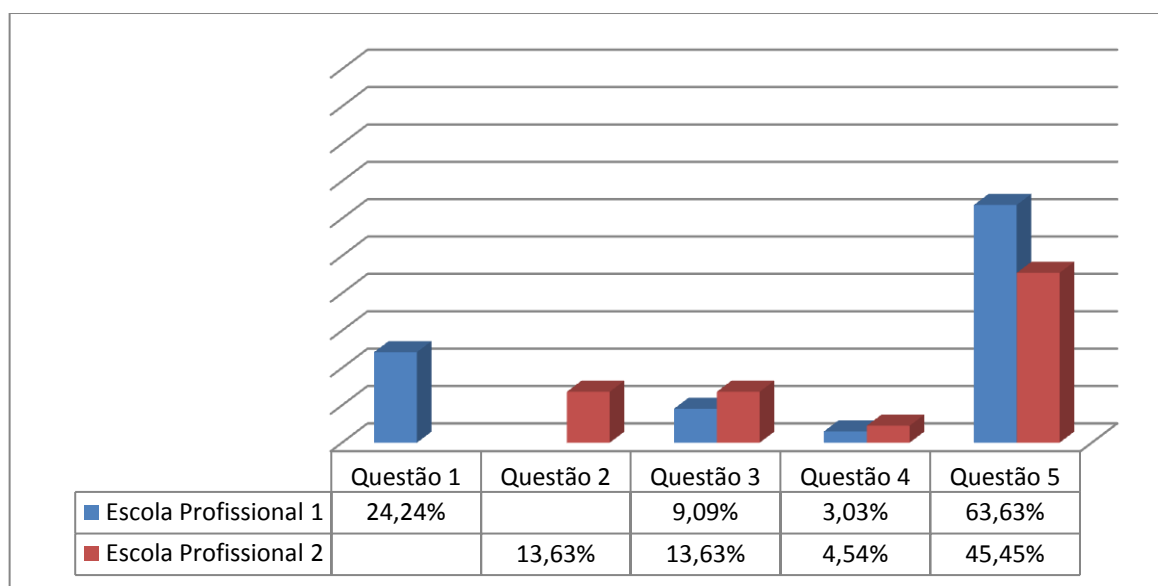
Segundo Lopes (1992) os livros didáticos de Química, consolidam o senso comum, quando se utilizam de imagens capazes de uma associação imediata dos alunos às ideias que já lhe são familiares. Entretanto, não há uma problematização dos conceitos e tampouco um desenvolvimento do raciocínio dos alunos.

No segundo questionário os alunos obtiveram baixo nível de acertos o que causa uma preocupação, pois os alunos não conseguem aliar o conhecimento advindo do senso comum e fazer a transposição para um conhecimento alicerçado cientificamente.

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.

Apesar de 72,73% dos alunos investigados no primeiro questionário afirmarem que o processo de troca de calor devido a uma diferença de temperatura entre dois corpos ocorra de maneira espontânea, o que se mostra no segundo questionário, onde é perguntado qual o fator responsável para que o processo ocorra, é a ligação direta do fenômeno ao fator temperatura (FIGURA 4).

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



Fonte: Próprio Autor

Na primeira questão percebe-se através do gráfico o baixíssimo índice de repostas corretas, onde a escola profissional da Capital não obteve repostas corretas num contingente de 22 alunos e dos 33 alunos da escola do Interior apenas oito (24,24%) escolheram a opção energia de Gibbs como fator preponderante para que este processo ocorra espontaneamente. A resposta correta (energia de Gibbs) foi apenas a terceira mais relatada pelos alunos, ficando atrás de temperatura e entalpia.

A transposição do senso comum para conhecimento científico deve ser estimulada, pois este é um dos atuais objetivos do ensino de Química e da alfabetização científica (CHASSOT, 2003), fazer com que o aluno com o conhecimento científico adquirido na escola passe a ver o mundo ao seu redor com um novo olhar que ultrapasse as barreiras do senso comum. É papel do professor, estender pontes entre as representações dos alunos e os modelos científicos (ZAMORANO; MOROS; GIBBS, 2011).

Na segunda questão nenhum aluno da escola profissional do Interior assinalou a resposta correta enquanto apenas três alunos da escola profissional da Capital acertaram o questionamento. Os alunos, em sua maioria, associaram o processo de dissolução de um soluto em água ao aumento da entropia do sistema, entretanto, como não possuímos informações precisas se o sistema é isolado ou não isolado, a entropia por si só, não pode ser considerada o fator responsável pela espontaneidade deste fenômeno.

Na terceira questão, que se referia ao processo de oxidação de um metal quando exposto ao ambiente, apesar do bom índice de acertos no primeiro questionário, quando passamos as repostas do segundo questionário, são observadas grandes incertezas por parte dos alunos em relação à opção correta. Dos alunos da escola profissional do Interior apenas três (03) alunos assinalaram a resposta adequada e da escola profissional da Capital apenas dois (02).

Grande parte alunos novamente associou a espontaneidade do processo de oxidação ao fator entropia (34,5%) seguido pelo fator entalpia (30,9%) estando à alternativa correta, energia de Gibbs, apenas como a terceira mais assinalada pelos alunos com apenas (9,1%) do total de alunos investigados neste momento.

Na última questão, é conceituado de forma simples um processo espontâneo e pede-se para que o aluno assinale o fator responsável pela espontaneidade de um fenômeno. Dos 33 alunos da escola do Interior, 21 deles optaram por energia de Gibbs e dos 22 alunos da escola da Capital, 10 optaram corretamente. No total, dos 55 alunos questionados 31, deles (56,37%) acertaram a este questionamento.

Entretanto, os alunos não possuem um conceito acerca de fenômenos espontâneos que possa ser utilizado em diferentes situações, pois das cinco questões apresentadas eles assinalaram majoritariamente três opções diferentes (temperatura, energia de Gibbs e entropia) como fator responsável pelo processo. O que se percebe é que o aluno decide o fator preponderante mediante o processo, o que pode indicar que não há um conceito formalizado pelo aluno e não há a transformação do senso comum em conhecimento científico.

É importante ressaltar também que em três das cinco questões apresentadas, a entalpia foi a segunda opção mais assinalada pelos alunos, o que pode estar relacionado ao fato que todos os livros didáticos analisados apresentam o conteúdo entalpia. Os alunos podem ser induzidos a acreditar que os processos espontâneos sejam direcionados apenas pelo

fator entalpia, desconsiderando assim a contribuição do fator entropia e conseqüentemente a união dos dois fatores na energia de Gibbs do sistema.

Boo (1998) em sua pesquisa relata que 85% dos alunos de uma classe acreditam que uma reação química necessita de agente causador externo para acontecer, e visualizam o calor fornecido como a força motriz da reação. Uma alternativa para tentar sanar essa lacuna seria, além da introdução do conteúdo nos livros didáticos de Química, maior interligação deste conteúdo com os fatos cotidianos dos alunos, o que pode ser considerada a alfabetização científica destes.

A alfabetização científica é definida por Yalçın *et al.* (2011) como o conhecimento básico de fatos e conceitos sobre a ciência e o entendimento de como ela funciona. Esse entendimento requer a compreensão de fatos, conceitos e vocabulário, e ainda segundo os autores o professor é um fator importante na promoção da alfabetização científica, no momento em que interliga os conteúdos científicos formais aos fatos cotidianos dos alunos.

A partir dos resultados apresentados para o Ensino Médio (regular ou profissional) é perceptível que os alunos conseguem distinguir se determinado fenômeno é espontâneo ou não espontâneo. Contudo, não conseguem determinar qual o fator responsável pela espontaneidade dos fenômenos. Segundo Sichau (2000) os alunos consideram o tópico energia e as leis da termodinâmica “impopular” e difícil de trabalhar, pois trata fenômenos em que a Matemática aparece dissociada do cotidiano vivenciado por eles.

Entretanto, a solução não se encontra na retirada deste conteúdo do Ensino Médio, e sim introduzir novas experiências de aprendizagem que permitam o aluno compreender os fenômenos de forma integrada. Almeida (2003) sugere como estratégias para sanar algumas dificuldades de aprendizado no Ensino Médio:

a) a integração das ideias qualitativas da Segunda Lei da Termodinâmica como ponto central deste tema; b) a aprendizagem baseada em eventos cotidianos; c) abordar a história e evolução do conceito das Leis da Termodinâmica; d) encorajar discussões entre os alunos como forma de alicerçar o novo conhecimento adquirido; e) utilizar os recursos digitais e tecnologias de informação.

O professor conhecedor dos novos desafios no ensino de Química deve buscar fazer a integração destes conteúdos (espontaneidade de um fenômeno, irreversibilidade, entropia e energia de Gibbs) no dia-a-dia dos alunos, fazendo-os perceber que os fenômenos espontâneos que acontecem ao seu redor têm uma ligação direta com a Química, facilitando o processo de alfabetização científica dos alunos.

5.3.3. Licenciaturas em Química

Os alunos investigados dos cursos de Licenciatura em Química passaram por diferentes testes de admissão para o ingresso no curso superior. Enquanto os alunos que cursam a Licenciatura na Universidade Federal do Ceará (UFC) ingressaram através do ENEM, os alunos que cursam a Licenciatura na Universidade Estadual do Ceará (UECE) ingressaram por meio do vestibular.

Isso pode se refletir em diferentes níveis de conhecimento sobre o conteúdo em questão, pois os exames de seleção propõem metodologias diferentes entre si. Enquanto o ENEM possui uma proposta mais elaborada na interdisciplinaridade e contextualização o vestibular aborda ainda os conteúdos de forma direta, concisa e tradicional.

Entretanto, tanto o ENEM quanto o vestibular realizado pela UECE, elencam em suas orientações de estudo, tópicos referentes ao tema deste trabalho. No manual do candidato do vestibular da UECE 2013.2, no programa para a disciplina de Química o conteúdo Termoquímica, e seus desdobramentos Entropia e Energia de Gibbs são listados.

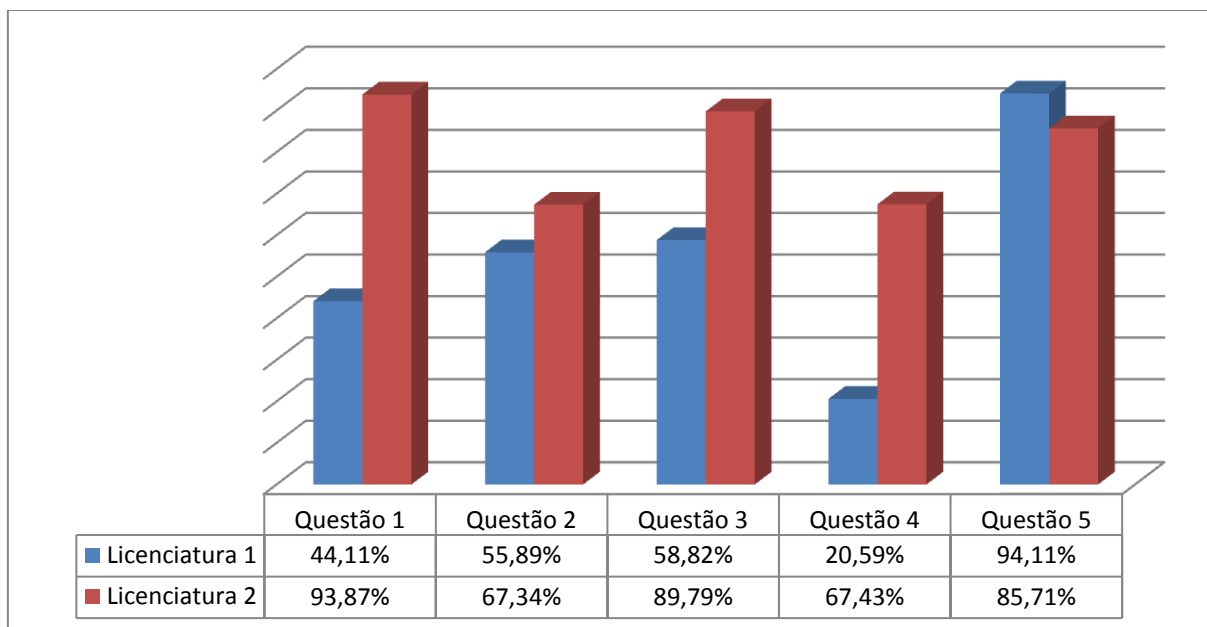
O edital do ENEM 2013, na matriz de referência de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, a competência de área 6 prega que o aluno tenha que utilizar leis físicas e/ou químicas para interpretar processos naturais ou tecnológicos inseridos no contexto da termodinâmica e/ou do eletromagnetismo.

E dentro da competência 7 menciona que o aluno deve avaliar implicações sociais, ambientais e/ou econômicas na produção ou no consumo de recursos energéticos ou minerais, identificando transformações químicas ou de energia envolvidas nesses processos.

A partir dos resultados do primeiro questionário aplicado nos cursos de Licenciaturas em Química (FIGURA 5) 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. Entretanto, o panorama não se diferencia consideravelmente se compararmos alunos no início do nível superior com o nível médio.

Figura 5 – Distribuição Percentual de Acertos dos Estudantes das Licenciaturas em Química 1 e 2 em relação ao Questionário 1



Fonte: Próprio Autor

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.

Assim como observado nos resultados anteriormente obtidos nas escolas regulares e profissionais, bons níveis de acertos foram alcançados na maioria das questões pelos alunos recém-admitidos nos cursos de Licenciatura, tanto da Capital como do Interior.

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. Esse percentual é relativamente similar ao encontrado nos alunos do Ensino Médio com 72,73% e 74,62% para escolas profissionais e regulares respectivamente. 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, assim como nas escolas de Ensino Médio, 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 (TABELA 8).

Tabela 8 – 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

Os resultados apresentados pelos alunos recém-admitidos dos cursos de Licenciatura em Química se assemelham aos apresentados pelos alunos do Ensino Médio. Era esperado que os alunos de Licenciatura obtivessem resultados consideravelmente maiores que os alunos de Ensino Médio, pois estes já foram submetidos a exames avaliativos para o ingresso nas Instituições de Ensino Superior analisadas.

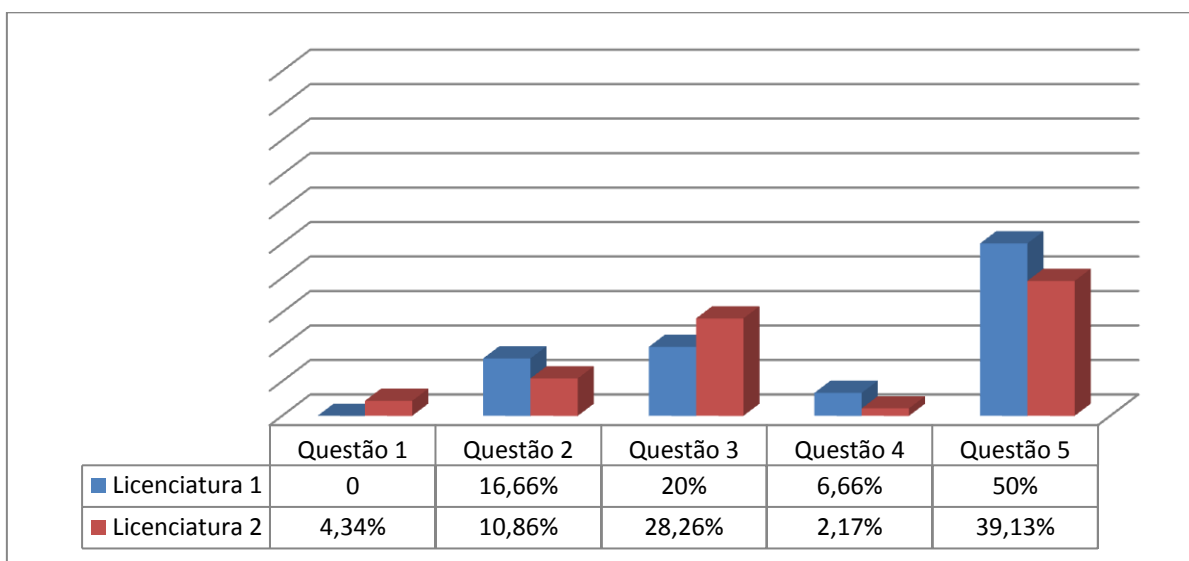
Em relação ao primeiro questionário aplicado, na primeira e quinta questão objetiva altos índices de acertos foram observados, e na terceira e quarta questão foram observadas as principais dúvidas e erros dos alunos. Os processos de transferência espontânea de calor entre corpos de temperaturas diferentes 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 6) 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 6 – 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. Ou seja, o panorama não é divergente do encontrado em escolas regulares e profissionais. 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 conteúdos.

O trabalho realizado por Fachine *et al.* (2009) mostrou que o percentual de reprovações na UFC nas disciplinas de Físico-Química I entre 2006 e 2009 foi sempre igual ou superior a 15%, já para a disciplina de Físico-Química II foi maior que 34%. Os fatores responsáveis por esses índices são os mais variados, porém, é enfatizada a dificuldade dos alunos em relação à utilização de equações diferenciais e ao não relacionamento dos conteúdos vistos em sala ao cotidiano dos alunos.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através das análises realizadas nos livros didáticos atualmente recomendados pelo Programa Nacional do Livro Didático, apenas um dos cinco livros (LD 3) foi considerado adequado na abordagem dos processos espontâneos e os relacionado às funções termodinâmicas entropia e energia de Gibbs, pois este relacionava a espontaneidade dos processos a entropia e mais especificamente a energia de Gibbs. Os livros didáticos de Química em sua maioria não abordam as Leis da Termodinâmica e os aspectos referentes à espontaneidade dos processos químicos e físicos, contrariando as normas dos PCN⁺ (2002), OCNEM (2006).

Pode se perceber que há nos livros didáticos uma ênfase na descrição dos processos termoquímicos com a utilização de diagramas e tabelas com valores de entalpia, não sendo delegada a mesma ênfase aos aspectos termodinâmicos envolvidos. A inclusão deste conteúdo nos livros didáticos é importante, pois a Termodinâmica é uma das áreas da Química com vasta aplicação ao cotidiano. A sua inclusão nos livros de Química pode ainda, facilitar o entendimento de outros conteúdos como Equilíbrio Químico, Cinética Química e Eletroquímica.

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 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 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 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.

Se traçarmos um comparativo entre escolas do Interior do Estado e da Capital são observadas diferenças entre os níveis de acertos e erros nas questões apresentadas, entretanto os dados coletados e as variações diagnosticadas não configuram uma predominância de uma região para outra. O mesmo argumento pode ser tomado em consideração ao compararmos escolas profissionais, escolares regulares e os alunos recém-admitidos no curso de Licenciatura em Química.

Deste modo, em consonância com os documentos legais do MEC, sugere-se a adesão do conteúdo espontaneidade, de modo específico entropia e energia de Gibbs, para os alunos do Ensino Médio, onde a abordagem metodológica seja através da compreensão de fenômenos cotidianos, visualização dos aspectos evolutivos dos conceitos empregados, abordagem microscópica dos fenômenos e realizando a transposição do senso comum em conhecimento científico.

REFERENCIAS

ALMEIDA, D.M. Segunda Lei da Termodinâmica Recursos Digitais e Ensino de Química. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. Porto, 2003.

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.

ATKINS, P; DE PAULA, J. Físico-química, vol.1, 8ª Ed. Rio de Janeiro, LTC, 2010.

BALDOW, R; MONTEIRO JR, F.N. Os livros didáticos de Física e suas omissões e distorções na história do desenvolvimento da Termodinâmica. *Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, vol 3, N°1, 2010.

BARDIN, L. Análise de conteúdo. Lisboa: Edições 70, 1997

BARROS, H.L.C. Processos Exotérmicos e Endotérmicos: uma visão atômico-molecular. *Química Nova na Escola*, V.31. 2009.

BOO, H.K. Students' Understandings of Chemical Bonds and the Energetics of Chemical Reactions, *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 35, n. 5, p. 569–581, 1998.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino Médio). Brasília: MEC, 2000.

_____. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. Parâmetros Curriculares Nacionais + (PCN+) - Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Brasília: MEC, 2002.

_____. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica. Orientações Curriculares para o Ensino Médio. V.2. Ciências da Natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília, 2006

_____. Guia de livros didáticos: PNLD 2012: Química. – Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2011.

CAMPANARIO, J.M. Qué puede hacer un profesor como tu o um alumno como el tuyo con un libro de texto como éste? Una relación de actividades poco convencionales. *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (3), 2001.

CARNEIRO, M.H.S; SANTOS, W.L.P; MÓL, G.S. Livro Didático Inovador e professores: uma tensão a ser vencida. *Revista Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências*, Vol. 7. N°2, 2005.

CASTELLAN, G.W. Fundamentos de Físico-Química, Rio de Janeiro, LTC, 2008.

CEARÁ. Metodologias de Apoio: áreas de ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Coleção Escola Aprendiz - Volume 3. Fortaleza, 2009.

CHASSOT, A.I. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social, *Revista Brasileira de Educação*, n° 22, p.89-100, 2003.

COLOVAN, S.C.T; DA 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. 98-117, 2005.

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.

DA SILVA, D.N. A Termodinâmica no Ensino Médio: Ênfase nos Processos Irreversíveis. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências. São Paulo, 2009.

ECHEVERRÍA, A.R.; MELLO, I.C.; GAUCHE, R. O Programa Nacional do Livro Didático de Química no contexto da educação brasileira. In: ROSA, M.I.P. e ROSSI, A.V. (Orgs.). *Educação Química no Brasil: memórias, políticas e tendências*. Campinas: Átomo, 2008. p. 63-83.

FECHINE, P.B. A; ROCHA, G.N; MELO, L.F.L. ROMERO, F.B. Estudo do Rendimento dos Alunos do curso de Química nas disciplinas de Físico-Química da UFC. *Inter Science Place*, n°17, 153-172, 2011.

FONSECA, M.R.M; *Coleção Química: meio ambiente, cidadania, tecnologia*. Vol 2. 1. Ed. São Paulo, FTD, 2010.

FRACALANZA, H. Livro didático de ciências: novas ou velhas perspectivas. In: FRACALANZA, Hilário; MEGID NETO, Jorge (orgs.). *O livro didático de ciências no Brasil*. Campinas: Komedi, 2006.

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.

LE MARECHAL, J.F; BILANI R., Teaching and Learning Chemical Thermodynamics in School, *International Journal of Themodynamics*, Vol. 11 (No. 2), pp. 91-99, Junho 2008.

LEVINE. I.N. *Físico-química*, vol.1 6ª Ed. Rio de Janeiro, LTC, 2012.

- LIMA, M.E.C.C; SILVA, P.S. Critérios que professores de Química apontam como orientadores da escolha do livro didático, Revista Ensaio, Belo Horizonte, v.12. n.02. p.121-136. mai-ago, 2010.
- LISBOA, J.C.F. Química – Coleção Ser Protagonista. V. 2. 1 Ed. Edições SM. São Paulo, 2010.
- LOGUERCIO, R.Q; SAMRSLA, V.E.E; DEL PINO, J.C. A dinâmica de analisar livros didáticos com os professores de Química, Química Nova, Vol. 24, No. 4, 557-562, 2001.
- LOPES, A.R.C. Livros didáticos: obstáculos ao aprendizado da ciência Química, Química Nova, nº15, vol. 3, p. 254-261, 1992.
- MACDONALD, J; JOHNSTONE, A.H; WEBB, G., Misconceptions in school thermodynamics, Physics Education, 12, 248, 1977.
- MAIA, J.O; SÁ, L.P; MASSENA, E.P.; WARTHA, E.J. O Livro Didático de Química nas Concepções de Professores do Ensino Médio da Região Sul da Bahia, Química Nova na Escola, Vol.33 nº2, p. 115-124, 2011.
- 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.
- MÓL, G.S; SANTOS, W.L.P. Química cidadã: reações químicas, seus aspectos dinâmicos e energéticos; água e energia. V.2. 1 Ed. Editora Nova Geração, São Paulo, 2010.
- MORTIMER, E.F; MACHADO, A.H. Química, V.2. São Paulo, Editora Scipione, 2010.
- PACCA, J.L.A; HENRIQUE, K.F. Dificultades y estrategias para La enseñanza Del concepto de energia. Enseñanza de las Ciencias. 22 (1), 159-166, 2004.
- PATRON, F. Conceptual understanding of thermodynamics: A Study of undergraduate and graduate students. Ph.D Thesis, Purdue University, 1997.
- PERUZZO, F. M; CANTO, E.L. Química na abordagem do cotidiano. V.2. 4 Ed. Editora Moderna, São Paulo, 2006.
- RICHAUDEAU, F. Conception et production des manuels scolaires: guide pratique. Paris: UNESCO, 1979.
- ROLLNICK, M.; BENNETT, J.; RHEMTULA, M.; DHARSEY, N.; NDLOVU, T. The Place of Subject Matter Knowledge in Pedagogical Content Knowledge: A case study of South African teachers teaching the amount of substance and chemical equilibrium. International Journal of Science Education, vol. 30, n. 10, p. 1365–1387, 2008.
- SABADINI, E.; BIANCHI, J.C.A. Ensino do Conceito de Equilíbrio Químico: uma breve reflexão, Química Nova na Escola Nº 25, p 10-13, 2007.
- SANTOS, M. E. V. M. A cidadania na “voz” dos manuais escolares. Porto: Livros Horizonte, 2001.

SCHNETZLER, R.P. A Pesquisa em Ensino de Química no Brasil: Conquistas e Perspectivas. *Química Nova*, Vol.25. 2002.

SHULMAN, L.S. Knowledge and Teaching: Foundation of new reform. *Harvard Education Review*. Vol.57. n°1, 1987.

SICHAU, C. Practising helps: thermodynamics, history, and experiment. *Science Education*, New York, v. 9, p. 389-398, 2000.

SILVA, D.A.M. Análise dos conteúdos termodinâmicos em livros de Química e Física do Ensino Médio; Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2012.

SOLBES, J. TARÍN, F. Algunas Dificultades en torno a la Conservación de la Energía, *Enseñanza de las Ciencias*, , 16 (3), 387-397, 1998.

SOLOMON, J. Social Influences on the Construction of Pupils' Understanding of Science, *Studies in Science Education*, 14, 63, 1987.

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

VIENNOT, L.: 1998, '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.

YALÇIN S.A., AÇIŞLI, S.; TURGUT. Ü, Determining the levels of pre-service science teachers' scientific literacy and investigating effectuality of the education faculties about developing scientific literacy, *Procedia Social and Behavioral Sciences* 15 783–787, 2011.

WARTHÁ, E.J. FALJONI-ALÁRIO, A. A contextualização no Ensino de Química através do Livro Didático. *Química Nova na Escola*, Novembro, 2006.

ZAMORANO, R.O; MORO, L.E; GIBBS, H.M, Aproximación Didáctica a la Termodinámica con modelos y literatura de Ciencia Ficción, *Ciência & Educação*, v. 17, n. 2, p. 401-419, 2011.

APÊNDICES

APÊNCIDE A - QUESTIONÁRIO 1

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

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?

APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO 2

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

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

APÊNDICE C - QUESTIONÁRIO COM OS PROFESSORES



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

Entrevista com os professores das escolas analisadas

Nome: _____

Formação: _____

1. Você participou do processo de adoção e escolha dos livros didáticos que hoje utiliza na escola?
2. Em sua formação acadêmica, você realizou alguma disciplina com orientações acerca dos critérios de escolha do livro didático?
3. Em sua visão, quais os requisitos que um livro deve ter para que seja considerado adequado?
4. Você trabalha o conteúdo espontaneidade dos fenômenos? Através do livro didático adotado pela escola ou de outras maneiras?