

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO**  
**EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA**  
**Mestrado Profissional**

**PROPOSTA E ANÁLISE DE UMA SEQUÊNCIA**  
**DIDÁTICA PARA ABORDAR O CONTEÚDO DE**  
**TERMOQUÍMICA NO ENSINO MÉDIO**

**FABIANO GUIMARÃES PEREIRA**

Uberlândia  
2019

**FABIANO GUIMARÃES PEREIRA**

**PROPOSTA E ANÁLISE DE UMA SEQUÊNCIA  
DIDÁTICA PARA ABORDAR O CONTEÚDO DE  
TERMOQUÍMICA NO ENSINO MÉDIO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, da Universidade Federal de Uberlândia, como um dos requisitos para obtenção do título de mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

**Linha de Pesquisa:** Ensino e Aprendizagem em Ciências e Matemática.

**Orientador:** Prof. Dr. José Gonçalves Teixeira Júnior

Uberlândia  
2019

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU  
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

P436 2019	<p>Pereira, Fabiano Guimarães, 1978- Proposta e análise de uma sequência didática para abordar o conteúdo de termoquímica no ensino médio [recurso eletrônico] / Fabiano Guimarães Pereira. - 2019.</p> <p>Orientador: José Gonçalves Teixeira Júnior. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática. Modo de acesso: Internet. Disponível em: <a href="http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2019.2011">http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2019.2011</a> Inclui bibliografia. Inclui ilustrações.</p> <p>1. Ciência - Estudo ensino. I. Teixeira Júnior, José Gonçalves, 1977-, (Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia. Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática. III. Título.</p> <p>CDU: 50:37</p>
--------------	---

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:  
Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091  
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Ata de Defesa

Ata da defesa de DISSERTAÇÃO DE MESTRADO junto ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática – Mestrado Profissional da Universidade Federal de Uberlândia.

Defesa de Dissertação de Mestrado Profissional/PPGECM

Data: 29/03/2019

Discente: Fabiano Guimarães Pereira

Matrícula: 11612ECM004

Título do Trabalho: Proposta de sequência didática para ensino e aprendizagem do conteúdo de termoquímica na educação básica

Área de concentração: Ensino de Ciências e Matemática

Linha de pesquisa: Ensino e Aprendizagem em Ciências e Matemática

Às quatorze horas do dia vinte e nove de março de dois mil e dezenove, na sala de reuniões do Instituto de Química, da Universidade Federal de Uberlândia, reuniu-se a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática, composta pelos Professores Doutores: José Gonçalves Teixeira Júnior (orientador) / ICENP/UFU; Juliano Soares Pinheiro / ICENP/UFU e Vinícius Catão de Assis Souza / UFV (que participou da banca por vídeo conferência). Iniciando os trabalhos o presidente da mesa, Dr. José Gonçalves Teixeira Júnior, apresentou a Comissão Examinadora e o candidato, agradeceu a presença do público, e concedeu ao discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do discente, o tempo de arguição e de resposta foram conforme as normas do Programa. A seguir, o senhor presidente concedeu a palavra, pela ordem, sucessivamente, aos examinadores, que passaram a arguir o candidato. Última a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu os conceitos finais. Em face do resultado obtido, a Banca Examinadora considerou o candidato aprovado. Esta defesa de Dissertação de Mestrado Profissional é parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre. O diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU. Nada mais havendo a tratar, foram encerrados os trabalhos às dezessete horas. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme, foi assinada por todos os membros da Banca Examinadora.

Prof. Dr. José Gonçalves Teixeira Júnior  
Presidente da Banca de Avaliação

Prof. Dr. Vinícius Catão de Assis Souza  
Membro da Banca de Avaliação

Prof. Dr. Juliano Soares Pinheiro  
Membro da Banca de Avaliação



Documento assinado eletronicamente por **José Gonçalves Teixeira Junior, Professor(a) do Magistério Superior**, em 29/03/2019, às 17:26, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Juliano Soares Pinheiro, Professor(a) do Magistério Superior**, em 29/03/2019, às 17:27, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Vinícius Catão de Assis Souza, Usuário Externo**, em 06/05/2019, às 22:39, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://www.sei.ufu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **1068005** e o código CRC **D06417AA**.

Dedico este trabalho aos meus pais, *Elizabeth e Divino*, e irmãos, *Juliano e Adriano*, que sempre me incentivaram aos estudos. A eles, minha eterna gratidão.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus pais, Divino e Elizabeth, por todo apoio, incentivo e compreensão, e em especial à minha mãe, educadora aposentada que se dedicou anos à carreira do magistério, sendo meu amparo e espelho para a docência.

Ao Prof. Dr. José Gonçalves Teixeira Júnior, pela orientação deste trabalho com muita atenção e compreensão. Meu muito obrigado.

Aos professores Dr. Juliano Soares Pinheiro e Dr. Vinicius Catão de Assis Souza, pela participação nas bancas de qualificação e de defesa, trazendo seus conhecimentos e sugestões para a finalização deste trabalho.

À minha amiga Samya Nara, pelo apoio nas horas difíceis e pelo incentivo constante na construção deste trabalho.

À minha amiga e colega do curso de mestrado, Severina, pela companhia e apresentação dos trabalhos nas aulas. E a todos os meus amigos (Adriana e Daniel) que de alguma forma me apoiaram.

Aos professores e em especial aos alunos da escola onde leciono, pela contribuição para a construção e finalização deste trabalho.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, pelos conhecimentos e experiências compartilhados em suas aulas.

*“Ensinar não é transferir conhecimentos,  
mas criar as possibilidades para a sua  
própria produção ou a sua construção.”*

*(Paulo Freire)*

## RESUMO

Nesta dissertação, é apresentada a pesquisa desenvolvida no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal de Uberlândia, na qual pretendeu-se responder à pergunta: quais os limites e possibilidades do processo de reflexão sobre a ação para a construção de uma sequência didática sobre Termoquímica desenvolvida com alunos do Ensino Médio? Os objetivos desta investigação são: *i)* analisar a aplicação de uma proposta de ensino sobre o conteúdo de Termoquímica, elaborada e desenvolvida pelo pesquisador, em 2017; *ii)* analisar as dificuldades dos alunos da segunda série do Ensino Médio sobre o conteúdo de Termoquímica a partir dos resultados da aplicação da proposta de ensino; *iii)* reelaborar, aplicar e analisar uma nova sequência didática sobre este conteúdo nas aulas de Química no Ensino Médio. A pesquisa, fundamentada em uma abordagem qualitativa, apresenta e analisa os resultados da aplicação de duas sequências didáticas sobre Termoquímica, a partir do planejamento das aulas, dos registros feitos pelo pesquisador após o desenvolvimento das atividades e das respostas dos alunos que participaram desta primeira sequência didática. Considerando a análise dos resultados da primeira sequência, foi possível constatar inúmeras dificuldades na aprendizagem deste conceito pelos alunos do Ensino Médio, como a não compreensão de fenômenos do cotidiano, a dificuldade em diferenciar processos endotérmicos e exotérmicos e de interpretar gráficos e equações termoquímicas. Dessa forma, apoiado na análise das respostas dos alunos e fundamentado a partir da compilação de diversos conhecimentos já disponíveis na literatura sobre os processos de ensino e de aprendizagem relacionados à Termoquímica, foi realizada uma nova sequência didática. Esta foi pautada na metodologia da pesquisa-ação, inserindo atividades contextualizadas, fenômenos do cotidiano dos alunos e metodologias diversificadas, que, por meio da investigação, promoveram o uso da argumentação em sala de aula. Espera-se que a pesquisa contribua tanto para as reflexões deste ensino na formação inicial como, principalmente, para as ações desenvolvidas nas escolas, melhorando os processos de ensino e de aprendizagem nas aulas de Termoquímica. Espera-se também que o produto desta dissertação, “Proposta de sequência didática para o conteúdo de termoquímica no ensino médio”, seja um material de apoio para os professores de Química.

Palavras-chave: ensino de Química, Termoquímica, sequência didática.

## ABSTRACT

In this dissertation, the research developed in the scope of the Graduate Program in Teaching Science and Mathematics of the Federal University of Uberlândia was presented, in which it was intended to answer the question: what are the limits and possibilities of the process of reflection on action for the construction of a didactic sequence on thermochemistry developed with high school students? The objectives of this research are: i) to analyze the application of a teaching proposal on the content of thermochemistry, elaborated and developed by the researcher, in 2017; ii) to analyze the difficulties of the high school students of the second series on the thermochemistry contents from the results of the teaching proposal applications; iii) re-elaborate, apply and analyze a new didactic sequence on this content in Chemistry classes in high school. The research, based on a qualitative approach, presents and analyzes the results of the application of two didactic sequences on thermochemistry, from the planning of the classes, the records made by the researcher after the development of the activities and the answers of the students who participated in this first sequence didactic. Considering the analysis of the results of the first sequence, it was noticed numerous difficulties in learning this concept by high school students, such as the lack of understanding of everyday phenomena, the difficulty in differentiating endothermic and exothermic processes and interpreting thermochemical graphs and equations. Thus, based on the analysis of the students' answers, and the compilation of several knowledge already available in the literature on the teaching-learning processes related to thermochemistry, a new didactic sequence was performed. This was based on the methodology of action research, inserting contextualized activities, phenomena of students' daily life and diversified methodologies, which, through research, promoted the use of argumentation in the classroom. It is hoped that the research contributes both to the reflections of this teaching in the initial formation, but mainly in the actions developed in the schools, improving the teaching-learning processes in the thermochemistry classes. It is also expected that the product of this dissertation, "Didactic sequence to approach the content of thermochemistry in high school", be a support material for chemistry teachers.

Keywords: teaching of Chemistry, Thermochemistry, didactic sequence.

## SUMÁRIO

Introdução.....	12
Fundamentação teórica.....	17
Calor, temperatura e energia - os conceitos em Termoquímica.....	17
Ensino e aprendizagem em Termoquímica: breve análise.....	22
i) Ensino de Química e Termoquímica:.....	23
ii) Atividades experimentais em Termoquímica: .....	26
iii) O uso de jogos didáticos no ensino de Termoquímica: .....	28
iv) O uso das Tecnologias de Informação e Comunicação no ensino de Termoquímica: .....	30
v) O ensino de Termoquímica na formação inicial docente:.....	31
Metodologia.....	35
Caracterização do local e sujeitos da pesquisa.....	36
Sobre as aulas ministradas sobre Termoquímica .....	37
Análise da avaliação de Termoquímica aplicada após as aulas .....	38
Sobre a reelaboração da sequência didática .....	40
Resultados e discussão .....	42
Breve relato das aulas ministradas sobre Termoquímica.....	42
Análise da avaliação bimestral dos alunos.....	44
Análise da nova sequência didática.....	51
Aula 01 – Introdução ao conteúdo de Termoquímica .....	51
Aula 02 – Conceitos de calor e temperatura.....	55
Aulas 03 e 04 - Energia de ligação .....	57
Aula 05 – Entalpia e Reações exotérmicas e endotérmicas.....	62
Aulas 06 e 07 – Resolução e correção de exercícios .....	63
Aula 08 – Lei de Hess.....	64

Aulas 09, 10 e 11 – Resolução de exercícios em sala de aula .....	65
Aula 12 – Atividade avaliativa .....	67
Aula 13 – Atividade experimental: decomposição da água oxigenada .....	68
Considerações Finais .....	71
Referências Bibliográficas.....	74
APÊNDICE 1 – Planejamento das aulas de termoquímica .....	80
APÊNDICE 2 – Avaliação aplicada após as aulas .....	82
APÊNDICE 3 – Planejamento das aulas de termoquímica .....	84
APÊNDICE 4 – Apostila sobre entalpia e reações endotérmicas e exotérmicas .....	85
APÊNDICE 5 – Atividade avaliativa .....	87
PRODUTO EDUCACIONAL .....	88

## **INTRODUÇÃO**

Em 1994, quando ingressei no Ensino Médio, na Escola Estadual de Monte Alegre de Minas, tive o primeiro contato com a disciplina de Química. Nesse período, eu morava com meus pais numa fazenda a 20 km da cidade de Monte Alegre – Minas Gerais. Minha mãe era professora em uma escola do município e tínhamos uma rotina cansativa, muitas vezes em transporte coletivo todos os dias até a cidade. Lembro-me de que, nessa época, não tinha dificuldades na aprendizagem dos conteúdos da primeira série. Meu professor era graduado em Química, mas lecionava conteúdos de Física também. Ele foi meu professor de Química nas três séries do Ensino Médio e chamava a atenção o fato de ele ensinar o conteúdo sem precisar do livro, pois, nessa época, éramos obrigados a comprar os livros didáticos e a maioria tinha preços pouco acessíveis – o Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) só passa a distribuir livros de Química para o Ensino Médio a partir de 2008.

Comecei a ter dificuldades na aprendizagem quando passei para a segunda série, no qual tive duas notas bimestrais abaixo da média em Química. Nessa época, eu me interessava mais pelas aulas de Biologia, que me chamavam a atenção desde o início do Ensino Médio, talvez por causa da professora que, sob meu olhar, ensinava-nos com dedicação. Já nas aulas de Química, o conteúdo era dado de forma não contextualizada; muitas vezes o professor apenas escrevia os dados do exercício na lousa e pedia para calcular uma das variáveis da expressão. Por exemplo, quando trabalhava a concentração das soluções, eram dados em um exercício a massa do soluto e o volume da solução, e pedia para calcular a concentração, substituindo os valores na fórmula da concentração em massa. Em outros, eram dados a concentração e o volume, pedindo para determinar a massa do soluto. Verifiquei, assim, uma ênfase muitas vezes exagerada aos aspectos matemáticos em detrimento dos aspectos conceituais e fenomenológicos dos processos químicos.

Em momento algum, o professor utilizava outros exemplos, talvez porque não utilizávamos o livro didático e, por isso, ficasse complicado para ele contextualizar o conteúdo com outras temáticas. Segundo Rodrigues e Silva (2010), os alunos apresentam grande dificuldade e, conseqüentemente, um desinteresse pelos conteúdos químicos, quando o professor não desenvolve habilidades de relacionar esses conceitos a situações de seu cotidiano ou não explorando as contribuições daquele conhecimento químico para a sociedade. Minhas recordações sobre os conteúdos trabalhados na

segunda série são muito vagas; não me lembro, por exemplo, das aulas de Termoquímica. Lembro-me mais das minhas dificuldades com os exercícios que sempre exigiam cálculos, muitas vezes complexos, e que éramos proibidos de usar a calculadora nas aulas e nas avaliações. Na série seguinte, as aulas de Química eram focadas somente em Química Orgânica, que eu não tive maiores dificuldades na aprendizagem.

Finalizado o Ensino Médio, mudei-me para a casa da minha avó, na cidade de Uberlândia – MG, com o intuito de estudar para o vestibular da Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Frequentei os chamados “cursinhos” pré-vestibulares durante dois anos e meio e, foi aí que, de fato, estudei todos os conteúdos de Química, principalmente os de Físico-Química. Tive grande dificuldade, pois muitos assuntos não foram abordados no Ensino Médio e outros foram trabalhados de forma muito superficial, restringindo a exercícios que exigiam apenas a substituição nas fórmulas. Em específico, lembro-me da dificuldade em compreender Termoquímica, que é a parte da Química que estuda as transferências de energia que estão associadas às transformações químicas e às mudanças de estado físico. O estudo desses processos envolve alguns conceitos como energia, calor, temperatura e trabalho, que são bastante comuns em situações cotidianas, por exemplo, o ar refrigerado mantém a temperatura em um nível agradável independentemente das condições climáticas externas, mas que, durante as aulas de Química, busca-se interpretá-los do ponto de vista científico. Normalmente, esse conteúdo é trabalhado na segunda série do Ensino Médio, entretanto, como relatei, não me lembro de tê-los visto na Educação Básica, por isso, a dificuldade para compreender as definições de “calor” e “entalpia” e os cálculos da variação de entalpia ( $\Delta H$ ) dos processos endotérmicos e exotérmicos propostos nas apostilas dos cursinhos.

Naquele tempo, a minha inscrição para o vestibular foi para o curso de Ciências Biológicas, pois as aulas de Biologia me chamavam mais a atenção. Como de início, não fui aprovado no vestibular devido a dificuldades de aprendizagem de conteúdos nunca vistos no Ensino Médio. Então, pensei em tentar vestibular para outros cursos como Física e Química. A escolha entre esses cursos era em função de terem Licenciatura, pois o meu interesse pela carreira do magistério veio por causa da minha mãe, que lecionava para alunos do Ensino Fundamental I. Optei por Química, pois um tio comentou que não existiam tantos professores formados na área. Decidido o curso, prestei vestibular e, no segundo semestre de 1999, ingressei no curso de Licenciatura em Química na UFU.

Durante a graduação, novamente a Termoquímica veio como uma dificuldade. Assim como relatam Mortimer e Amaral (1998), alguns professores, ao ensinarem conceitos mais complexos, não se preocupam em revisar conceitos mais básicos ou relacioná-los com aplicações no cotidiano ou contextualizá-los. Nas aulas da disciplina de Físico-Química 2, recordo que o conteúdo era trabalhado com vários cálculos para determinar a variação de entalpia nas reações químicas. Ainda sentia muita dificuldade em aprender esse conteúdo, já que não o estudei no Ensino Médio, vendo-o de forma bastante superficial no cursinho pré-vestibular. Em 2004, um ano antes de concluir a Graduação em Licenciatura em Química, tive a minha primeira experiência como professor dessa disciplina em turmas de primeiro ano do Ensino Médio. Entretanto, só ministrei aulas sobre o conteúdo de Termoquímica em 2007, quando atuei em turmas de segunda série, no turno noturno. Nessa época, tive de estudar muito para ensinar aos alunos esse conteúdo, já que esse conhecimento é fundamental, pois “ninguém pode desconstruir aquilo que não sabe” (SÁ-CHAVES, 2002, p. 100).

As aulas sobre esse assunto sempre foram teóricas e nunca realizei experimentos envolvendo algum fenômeno termoquímico. Não porque não quisesse, mas em função das condições do espaço físico das escolas, pela falta de laboratórios de ensino e materiais, assim como da ausência de aulas destinadas ao laboratório na grade escolar. Analisando os anos que lecionei o conteúdo de Termoquímica, percebi a dificuldade por parte dos alunos de entenderem a definição de entalpia (H) e a representação das equações termoquímicas. Em relação a essas representações, constatei a dificuldade dos alunos em reconhecer e diferenciar reagentes e produtos, assim como compreender os coeficientes estequiométricos nas equações e utilizá-los de forma correta no cálculo da variação de entalpia. Outro ponto a destacar em relação às dificuldades dos alunos em minhas aulas estava na compreensão dos diagramas da variação de entalpia em mudanças de estado físico, em processos endotérmicos e exotérmicos, assim como na representação das equações desses fenômenos por meio de gráficos. Da mesma forma, foi possível verificar a dificuldade em compreender o conceito relacionado ao fato da variação da entalpia quando esta é maior que zero ( $\Delta H > 0$ ) ou menor que zero ( $\Delta H < 0$ ).

Além disso, quando leciono o conteúdo de Energia de ligação, os alunos apresentam dificuldades para entender o rompimento e a formação das ligações químicas, provavelmente em função da forma como os conceitos de ligação química foram trabalhados na primeira série do Ensino Médio, abordando pouco os aspectos energéticos. Ministrei poucas aulas sobre a Lei de Hess por não haver tempo suficiente

para estudá-la, pois o conteúdo do Ensino Médio é muito extenso, ou seja, ensina-se muito aos alunos, e em geral, apreende-se pouco. Assim, foi possível constatar que os alunos apresentaram confusões em aplicar corretamente essa lei, sem contar as inúmeras dificuldades no trato matemático que eles possuem.

Nessa perspectiva, com o ingresso no Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática, com o propósito de continuar a minha capacitação enquanto profissional da educação, surge o interesse em pesquisar outras possibilidades de trabalhar o conteúdo de Termoquímica, buscando elaborar uma proposta de ensino que facilite a aprendizagem desses conceitos pelos alunos do Ensino Médio. Assim, este trabalho procura responder à seguinte questão: “Quais os limites e possibilidades do processo de reflexão sobre a ação para a construção de uma sequência didática sobre Termoquímica desenvolvida com alunos do Ensino Médio?”.

Os objetivos desta investigação são:

- i) analisar a aplicação de uma proposta de ensino sobre o conteúdo de Termoquímica, elaborada e desenvolvida pelo pesquisador, em 2017;
- ii) analisar as dificuldades dos alunos da segunda série do Ensino Médio sobre o conteúdo de Termoquímica a partir dos resultados da aplicação da proposta de ensino;
- iii) reelaborar, aplicar e analisar uma nova sequência didática sobre este conteúdo nas aulas de Química no Ensino Médio.

O presente trabalho está distribuído em cinco capítulos, de acordo com a ordem que serão descritos a seguir. No primeiro capítulo, foi apresentada a introdução do trabalho. A seguir, no capítulo dois, é apresentada a fundamentação teórica sobre os conceitos de calor, temperatura e energia, seguida da revisão da literatura, onde apresento a análise dos processos de ensino e de aprendizagem relacionados à Termoquímica. O capítulo três apresenta a metodologia da pesquisa, caracterizando a escola estadual da cidade de Uberlândia – MG, onde foram realizadas as duas sequências didáticas (2017 e 2018), a descrição das aulas e a análise da avaliação aplicada aos alunos do segundo ano do Ensino Médio noturno, o que possibilitou a reformulação da sequência didática. O capítulo quatro apresenta um breve relato das aulas ministradas sobre Termoquímica em 2017, a análise da avaliação bimestral aplicada após essas aulas e, na sequência, o processo de reformulação da sequência didática em 2018. No quinto capítulo desta dissertação, exponho algumas considerações

finais em relação à possibilidade de criar um material didático que contribua para a aprendizagem dos alunos sobre os conceitos básicos relacionados ao estudo da Termoquímica e discuto sobre os limites da pesquisa bem como algumas perspectivas.

E, como produto deste trabalho, partindo de estudos de diferentes pesquisadores sobre os processos de ensino e de aprendizagem relacionados à Termoquímica e das duas sequências didáticas desenvolvidas em 2017 e 2018, apresento uma nova sequência didática. Esta tem por objetivo sugerir aos professores de Química algumas reflexões sobre o ensino de Termoquímica e algumas possibilidades metodológicas que busquem promover o engajamento dos alunos nas atividades. Espera-se que ela se constitua como material potencialmente significativo para o trabalho de professores de Química, no intuito de subsidiar e enriquecer ainda mais suas práticas na Educação Básica.

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### Calor, temperatura e energia - os conceitos em Termoquímica

Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais, PCN+, quando a aprendizagem da Química é fundamentada na contextualização – dando significado aos conteúdos e estabelecendo ligações com outros campos de conhecimento e no respeito ao desenvolvimento cognitivo dos alunos,

facilita o desenvolvimento de competências e habilidades e enfatiza situações problemáticas reais de forma crítica, permitindo ao aluno desenvolver capacidades como interpretar e analisar dados, argumentar, tirar conclusões, avaliar e tomar decisões. Por exemplo, uma discussão sobre combustíveis em sala de aula pode envolver cálculos termoquímicos que permitem obter e comparar a energia fornecida na queima de uma dada quantidade de combustível. Entretanto, é possível e recomendável que se dê uma abordagem mais abrangente a essa questão, discutindo-se aspectos como a origem e o meio de obtenção dos combustíveis, sua disponibilidade na natureza, o custo da energia gerada, a quantidade de poluentes atmosféricos produzidos na queima de cada um deles, os efeitos desses poluentes sobre o ambiente e a saúde humana, os meios eficazes para minimizá-los ou evitá-los, a responsabilidade individual e social envolvida em decisões dessa natureza e a viabilidade de outras fontes de energia menos poluentes. (BRASIL, 2002, p. 88)

Assim nesse contexto da aprendizagem dos conceitos, Silva (2012), disse que para avançar na compreensão do que seja calor, temperatura, entalpia, entropia, é preciso que o conceito de energia esteja bem-fundamentado. Basta lembrar que a própria definição da Ciência Química e da Ciência Física está entrelaçada no conceito de energia, porque não há como estudar as transformações químicas e os componentes fundamentais do universo, seu movimento, sem a participação da energia, sob as mais diferentes formas.

Então, conforme os PCN+, energia,

na Física, pode ser apresentada em termos do trabalho mecânico necessário para impelir ou para erguer objetos, quando se calcula a energia cinética do movimento de um projétil ou veículo, ou a energia potencial da água numa barragem. Ainda na Física, ao se estudar processos térmicos, a energia é apresentada como propriedade interna de sistemas, como a energia do vapor d'água que, em uma caldeira, recebeu calor do queimador e se expandiu para realizar trabalho. Trabalho ou calor, estado de movimento ou energia interna, tudo se pode medir nas mesmas unidades, joules ou calorias, conversíveis umas em outras. É preciso, contudo, traduzir e relacionar as diferentes energias de movimento, de radiação, de posição, até mesmo para mostrar que se convertem umas nas outras, se degradam, mas se conservam em sua soma. A falta de unificação entre os conceitos de energia pode resultar em uma “colcha de retalhos energética”, a ser

memorizada, das energias mecânica e térmica, luminosa, sonora, química, nuclear e tantos outros adjetivos, alguns pertinentes, outros não. (BRASIL, 2002, p. 29)

O conceito de energia também permeia outras áreas do conhecimento, sendo, portanto, um conceito utilizado com viés interdisciplinar. Assim, ainda de acordo com os PCN+,

na Biologia e na Química, as energias não são menos importantes nem menos variadas em suas designações e, no fundo, se trata da mesma energia da Física. Nas reações químicas em geral e na fotossíntese em particular, a energia tem o mesmo sentido utilizado na Física, mas raramente se dá um tratamento unificado que permita ao aluno compor para si mesmo um aprendizado coerente. Expressar essas muitas manifestações da energia nas mesmas unidades, como joule ou caloria, não basta para realmente relacionar a energia cinética da partícula, o calor liberado na combustão do álcool, ou as atividades de cloroplastos e de mitocôndrias no interior de células vivas. É preciso um esforço consciente dos professores das três disciplinas para que o aluno não tenha de fazer sozinho a tradução dos discursos disciplinares ou, o que é pior, concluir que uma energia não tem nada a ver com a outra. (BRASIL, 2002, p. 29).

Em outro documento oficial, como nas Orientações Curriculares para o Ensino Médio, OCNEM, a energia aparece também como discussão nos diversos campos da Ciência, ilustrando como conferir contexto social e cultural aos conhecimentos. Portanto, de acordo com as OCNEM,

para compreender a energia em seu uso social, as considerações tecnológicas e econômicas não se limitam a nenhuma das disciplinas, tornando essencial um trabalho de caráter interdisciplinar. Na produção de combustíveis convencionais ou alternativos, com a utilização de biomassa atual, como a cana-de-açúcar, ou de biomassa fóssil, como o petróleo, a fotossíntese, estudada na Biologia, é o início para a produção natural primária dos compostos orgânicos, enquanto outros processos químicos são necessários à sua transformação e industrialização. Na geração hidrelétrica, termelétrica ou eólica, além da eventual contribuição de conceitos químicos e biológicos, a produção de eletricidade decorre de técnicas e processos estudados na Física, centrais para compreender e manipular fluxos naturais de matéria e energia, como a radiação solar, a evaporação, as convecções, as induções eletromagnéticas, as correntes elétricas e sua dissipação térmica. (BRASIL, 2006, p. 120).

As diversas disciplinas promovem um aprendizado com contexto, fazendo uma articulação interdisciplinar para que o aluno entenda que a energia não se trata de um conceito fragmentado e ineficaz aos diversos campos da Ciência. Então, nas palavras das OCNEM,

é esse contexto que dá efetiva unidade a linguagens e conceitos comuns às várias disciplinas, seja a energia da célula, na Biologia, da reação, na Química, do movimento, na Física, seja o impacto ambiental das fontes de energia, em Geografia, a relação entre as energias disponíveis e as formas de produção, na História. Não basta, enfim, que energia tenha a mesma grafia ou as mesmas unidades de medida, deve-se dar ao aluno condições para compor e relacionar, de fato, as situações, os problemas e os conceitos, tratados de forma relativamente diferente nas diversas áreas e disciplinas. (BRASIL, 2006, p. 121).

A Base Nacional Comum Curricular, BNCC, traz, em sua Competência Específica de número 1, em relação às Ciências da Natureza (Biologia, Física e Química), que “analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e/ou global.” (BRASIL, 2017, p. 540). Então, de acordo com essa competência específica, as relações entre matéria e energia são analisadas por meio dos fenômenos naturais e processos tecnológicos, ou seja,

possibilitando, por exemplo, a avaliação de potencialidades e de limites e riscos do uso de diferentes materiais e/ou tecnologias para tomar decisões responsáveis e consistentes diante dos diversos desafios contemporâneos. Dessa maneira, podem mobilizar estudos referentes a: estrutura da matéria; transformações químicas; leis ponderais; cálculo estequiométrico; princípios da conservação da energia e da quantidade de movimento; ciclo da água; leis da termodinâmica; cinética e equilíbrio químicos; fusão e fissão nucleares; espectro eletromagnético; efeitos biológicos das radiações ionizantes; mutação; poluição; ciclos biogeoquímicos; desmatamento; camada de ozônio e efeito estufa; entre outros. (BRASIL, 2017, p. 540).

Nesse contexto, as palavras calor e temperatura são usadas no dia a dia para relatar as sensações ao tocar os vários objetos ou ao entrar em diferentes ambientes. Nesse sentido, segundo Gonçalves (2016), calor e temperatura são dois termos que estão relacionados e muitas vezes suas definições são compreendidas de forma incorreta por parte de algumas pessoas em situações comuns do cotidiano. Além disso, Jacques e Alves Filho (2008) afirmam que o conceito de energia é de extrema importância ao aprendizado das Ciências e seu caráter unificador é essencial para balizar e inter-relacionar diferentes conteúdos de Ciências. Por ser um conceito bastante complexo, é frequentemente compreendido de maneira reducionista, atrelado a um único ou poucos fenômenos.

Os conceitos de calor, temperatura, sensação de frio e quente, equilíbrio térmico, transferência de calor entre outros são essenciais para o estudo da Termodinâmica e para a Termoquímica, e é objeto de grande dificuldade no entendimento dos seus significados por boa parte dos alunos. De acordo com Gonçalves (2016), quando a energia se apresenta sob a forma de calor, geralmente ela é estudada na disciplina de Química, em um capítulo chamado Termoquímica; quando se apresenta sob a forma de trabalho, é estudada na disciplina de Física, em um capítulo denominado Termodinâmica. A Termoquímica aborda variações caloríficas existentes nos processos de reações de formação, de atomização, de combustão, de hidrogenação, de dissolução, entre outras, e nas mudanças de fases e dissoluções. A Termodinâmica estuda o trabalho realizado, em que, a partir de uma força aplicada, ocorre deslocamento no sistema.

Na linguagem comum, há uma confusão do conceito de calor com o de temperatura, sendo que eles não possuem o mesmo significado na linguagem científica. No cotidiano, muitas vezes fazem com que os conceitos de calor e temperatura tornem-se idênticos, considerando o calor como sendo diretamente proporcional à temperatura. É comumente dito “faz muito calor”, quando a temperatura está alta. Interpreta-se que existe maior quantidade de calor no material que tem a temperatura mais elevada (MORTIMER; MACHADO, 2016).

Outra ideia é usar o termo calor referindo-se a este como sendo uma substância que um determinado corpo possui e que lhe confere a característica de ser mais quente ou mais frio, dependendo da quantidade dessa substância contida neste corpo, seguindo a teoria do calórico (MORTIMER; AMARAL, 1998). E ainda “é comum usar os conceitos de calor e temperatura como sinônimos: ‘hoje está muito calor’, ‘que frio está entrando pela porta’, ‘quando se mede a febre de uma pessoa, ela passa a temperatura para o termômetro’ etc.” (KÖHNLEIN; PEDUZZI, 2002, p. 26). Afinal, só dizemos que ‘faz muito calor’ quando a temperatura está alta. Essas ideias fazem com que os conceitos de calor e temperatura sejam muitas vezes considerados idênticos. (MORTIMER; AMARAL, 1998).

Segundo Santos e Mól (2016), “calor” é definido como a transferência de energia térmica entre corpos de temperaturas diferentes. Assim, podemos dizer que, em uma noite fria, a nossa mão está mais quente do que o metal e a madeira, e que esses objetos estão à mesma temperatura. Na linguagem científica, dizemos que, ao segurarmos, em uma noite fria, um metal e um pedaço de madeira, o sistema atinge um equilíbrio térmico em que há transferência de calor da mão para o metal e para a

madeira. Dizemos, ainda, que a madeira é um isolante térmico melhor do que o metal, pois ela não permite transferência de calor muito rápido com suas vizinhanças.

Dessa forma, os conceitos de calor e temperatura não deveriam ser trabalhados na escola básica apenas aplicando a memorização de conceitos. É necessário diferenciar um do outro, tratando o calor como uma propriedade extensiva, na qual é dependente ou proporcional à massa do sistema e pode ser definido como sendo a energia transferida de um sistema a outro, quando existe uma diferença de temperatura e a temperatura como propriedade intensiva, ou seja, independente da massa. Considera-se que trabalhar essa diferenciação implica, antes de tudo, no conhecimento pelo professor das possíveis concepções alternativas apresentadas pelos estudantes em relação a estes conceitos (MARTINS; RAFAEL, 2007).

Mortimer e Amaral (2001) propõem um perfil conceitual de calor constituído de cinco zonas: realista, animista, substancialista, empírica e racionalista. A zona realista diz respeito à ideia de calor vinculada estritamente às sensações sem que seja feita uma reflexão sobre a sua natureza. A zona animista representa a ideia do calor como substância viva ou capaz de constituir a vida, imbuída de uma força motora inerente, podendo, ainda, ser associada à ideia de que os objetos ou materiais possuem vontade de dar ou receber calor. Na zona substancialista, o calor é considerado uma substância que pode penetrar outros materiais. A zona empírica está relacionada com o desenvolvimento do termômetro, que proporciona condições para realização de experimentos em que o calor poderia ser medido e na zona racionalista, o conceito de calor é pensado como uma relação entre a diferença de temperatura e o calor específico, constituindo-se em um "corpo de noções e já não apenas como um elemento primitivo de uma experiência imediata".

De acordo com Lorenzoni (2014), o conceito de temperatura está relacionado com a observação de que energia pode fluir de um corpo para outro quando ambos estão em contato. A temperatura é a propriedade que nos diz a direção do fluxo de energia. Se a energia flui de um corpo A para um corpo B, podemos dizer que A está a uma temperatura maior do que B. O calor como fluxo de energia sempre irá transferir-se do corpo de maior temperatura para o corpo de menor temperatura quando os dois estão em contato, até que atinjam o estado de equilíbrio térmico, em que ambos ficam com a mesma temperatura. Dessa maneira, podemos estabelecer a relação entre calor e temperatura. Assim, só há calor quando há diferença de temperatura.

De acordo com Braathen e colaboradores (2008), Termoquímica é um assunto importante tanto no Ensino Médio quanto em disciplinas de Química Geral e Físico-Química, no Ensino Superior. Em um contexto mais atual, a área de estudo da Termodinâmica ampliou-se, englobando os processos físicos relacionados à energia. Nessa área, foram desenvolvidas leis que permitem prever se determinados sistemas materiais, como por exemplo um novo combustível na presença de faísca em um motor, poderão reagir ou não. O estudo termodinâmico das transformações químicas é desenvolvido por uma área da Termodinâmica conhecida como Termoquímica (SANTOS; MÓL, 2016).

Para os professores do Ensino Médio, o conteúdo de Termoquímica é relevante para o ensino e a aprendizagem em Química, conforme Silva, Silva e Simões Neto (2013):

O conteúdo de termoquímica tem uma grande importância no nosso cotidiano, pois vemos sua vasta aplicação nas indústrias, no comércio, nos centros de pesquisas militares (bombas, foguetes), nas siderúrgicas, além das várias fontes energéticas existentes que facilitam a vida. A abordagem desse saber deve ser realizada de maneira que essa importância e aplicabilidade seja evidenciada ao estudante (SILVA, SILVA; SIMÕES NETO, 2013, p. 1)

Mas ensinar Termoquímica passa a ser um grande desafio aos professores do Ensino Médio por ser um conteúdo de grande exigência abstrata, devido à necessidade de entender como a absorção ou liberação de energia em forma de calor (transformações endotérmicas e exotérmicas), a partir de transformações químicas. Portanto, ensinar Termodinâmica, seja ela na Física ou na Química, a fim de transpor conceitos como energia, entalpia, entropia, energia interna, calor e temperatura, sistema e vizinhança, é o grande desafio do professor de Física e de Química, para que não fique limitada à aplicação de fórmulas, conversões de uma unidade de energia para outra ou resoluções mecânicas de exercícios que não acrescentam muito aos saberes dos alunos (SILVA, 2012).

### **Ensino e aprendizagem em Termoquímica: breve análise**

Analisando a literatura, deparamo-nos com várias formas de abordar o conteúdo de Termoquímica, no sentido de acrescentar ao ensino e a aprendizagem. Felício (2018) realizou um levantamento bibliográfico das produções nacionais e internacionais relacionadas ao ensino de Termoquímica nos últimos dez anos. A pesquisadora

organizou os trabalhos em dois grupos: i) levantamento de concepções prévias de alunos e professores sobre os conceitos e ii) propostas metodológicas para o ensino dos conceitos relacionados à Termoquímica. Dentre as propostas metodológicas encontradas por Felício (2018) estão os experimentos, os jogos didáticos, as TIC e a abordagem baseada em problemas. De acordo com a pesquisadora, todos os relatos encontrados na literatura que envolvem intervenções metodológicas apresentam algum resultado positivo em relação à aprendizagem dos conceitos relacionados à Termoquímica. Assim, baseado nessa forma de organização, os trabalhos aqui analisados serão apresentados da seguinte maneira: i) Ensino de Química e Termoquímica; ii) Atividades experimentais em Termoquímica; iii) O uso de jogos didáticos no ensino de Termoquímica; iv) O uso das Tecnologias de Informação e Comunicação no ensino de Termoquímica; v) O ensino de Termoquímica na formação inicial docente.

*i) Ensino de Química e Termoquímica:*

No artigo “As Aulas de Química como Espaço de Investigação e Reflexão”, Castilho, Silveira e Machado (1999) começaram relatando sobre o trabalho docente como uma rotina que condiciona ações repetitivas e aparentemente iguais que pouco contribui para o desenvolvimento profissional. E que nos primeiros tempos que estavam em sala de aula assumiam atitudes extremamente radicais com os alunos e acreditavam que o mais importante era manter uma postura autoritária, de donas do saber; aplicando provas difíceis, impondo aos alunos o empenho e a seriedade no estudo dos conteúdos que eram transmitidos. Quando tiveram um primeiro contato com materiais didáticos alternativos, utilizavam esses materiais como fontes de pesquisa e eventualmente levaram algumas de suas atividades para a sala de aula, ainda que o livro didático comercial continuasse a determinar o ensino. Então propuseram investigar as aulas com temas de química e escolheram investigar concepções sobre dois aspectos referentes ao estado de equilíbrio (coexistência de reagentes e produtos e constância das concentrações). Consideraram que a vivência desse processo de investigação/reflexão sistemática começou a fazer parte do cotidiano, com uma nova postura e organização da vida na escola, e sentiram bastante desafiadas a fazer com que as salas de aula fossem um espaço constante de investigação que levassem a uma contínua reflexão e revisão do trabalho. E se convenceram de que qualquer professor pode ser mais do que um mero

transmissor de informações, desde que se sinta realmente incomodado a ponto de buscar novos rumos para sua prática profissional.

A dissertação de Souza (2007), intitulada “Os desafios da energia no contexto da termoquímica: modelando uma nova ideia para aquecer o ensino de química”, traz uma proposta de ensino fundamentada na construção e reconstrução de modelos pelos alunos, tendo como tema específico a energia envolvida nas transformações químicas. A proposta de ensino elaborada visava à compreensão de como o processo referente ao rearranjo dos átomos ocorre nas transformações químicas, facilitando a compreensão de vários aspectos relativos ao processo, impossíveis de serem entendidos pela simples observação deste ou pela simples manipulação de fórmulas. A pesquisa foi realizada com alunos da segunda série do Ensino Médio em uma escola pública, em Minas Gerais. O pesquisador destaca que, no decorrer do processo, verificou-se o engajamento dos alunos na realização de todas as atividades de modelagem, com discussões relevantes estabelecidas entre os grupos e, em alguns momentos, com toda a turma. Tal dinâmica favoreceu a articulação do conhecimento que estavam produzindo, apresentando e debatendo suas ideias com toda a turma e com a professora. O autor acreditou que esse engajamento dos alunos contribuiu decisivamente para o desenvolvimento do processo de aprendizagem (SOUZA, 2007).

Silva (2008) analisou as estratégias enunciativas articuladas por dois professores de Química, ao longo das aulas de Termoquímica. A pesquisadora analisou os estilos de ensino dos docentes, buscando compreender suas concepções relacionadas à Ciência e ao seu ensino, assim como as oportunidades geradas para o envolvimento dos alunos nas atividades propostas. Nas aulas analisadas, verificam-se diferenças quanto à abertura dos professores para as interações dialógicas, assim como a forma como estes inserem as atividades experimentais na sequência das aulas. Um dos professores analisados por Silva (2008) conduzia as discussões em sala de aula retomando as experiências vivenciadas no laboratório, buscando construir novos conceitos; já o outro professor, priorizava o trabalho com conceitos e generalizações e, na sequência, buscava aplicações destes em situações específicas, consolidando os conceitos trabalhados em sala nas aulas experimentais.

De acordo com Barros (2009) em seu artigo “Processos Endotérmicos e Exotérmicos: Uma Visão Atômico-Molecular” analisou, sob a perspectiva atômico-molecular, absorção e liberação de energia, na forma de calor, em processos físico-químicos. Com isso, foram discutidos: as definições de sistema e vizinhança; os

conceitos macroscópico e microscópico de temperatura; a percepção de calor como um processo de transferência de energia, resultante de uma diferença de temperatura; o equilíbrio térmico entre sistema e vizinhança em experimentos realizados em condições diatérmicas; os conceitos de energia interna de um sistema e de suas constituintes; a variação de temperatura de um sistema e a de energia cinética média das partículas; e variações de energia potencial associadas à ruptura e à formação de ligações químicas e/ou de interações intermoleculares. Assim, segundo o autor da discussão desses tópicos, muitas dificuldades apresentadas pelos alunos no estudo da Termoquímica poderão ser resolvidas ou mesmo evitadas.

Veloso (2012) analisou como é abordado o conceito científico de energia na Termoquímica e sua relação com o cotidiano nos processos de ensino e de aprendizagem com alunos do 2º ano do Ensino Médio, em seu trabalho com o título: “O processo de ensino-aprendizagem do conceito de energia na termoquímica e a relação com o cotidiano de alunos do ensino médio”. Com objetivos de identificar os conhecimentos prévios do aluno em relação ao conceito científico de energia na Termoquímica relacionado ao cotidiano, a concepção da professora sobre o ensino do conceito científico de energia na Termoquímica relacionado com o cotidiano, descrever a metodologia utilizada pelo professor nos processos de ensino e de aprendizagem do conceito de energia e identificar a relação estabelecida do conceito científico de energia na Termoquímica com o cotidiano segundo o discurso dos alunos. Na metodologia, foi realizado um questionário prévio sobre os conhecimentos a respeito do conceito de energia, entrevista individual com a professora, Grupos Focais com os alunos e observação participante na sala de aula. Para análise dos dados, foi utilizado o método da análise de conteúdo. Nos resultados, levantou-se o seguinte: a professora trabalhou com a Química dogmática; os alunos não conseguiram fazer uma vinculação clara entre o ensinado na sala com o seu cotidiano, ficando como que mundos, diferentes, sem conexões entre o apreendido e o contexto pessoal de cada um; e na observação, foi percebido que a metodologia adotada foi proposta como conteudista. Em suas considerações finais, constatou, depois das análises e discussões feitas, que o ensino de Química no Ensino Médio ainda continuou o mesmo, desde quando as intuições escolares foram instituídas no século XIX, mas que a instituição em que a pesquisa foi realizada experimentou um novo olhar sobre a ciência.

De acordo com o artigo “Uma Introdução ao ensino de termoquímica para alunos da Educação de Jovens e Adultos, em uma perspectiva dialógica”, Isidório, Silva

e Quadros (2013) analisaram dois episódios de uma sequência didática de Termoquímica para a modalidade de Educação de Jovens e Adultos (EJA). O objetivo da sequência foi aproximar a Química do cotidiano desses estudantes e tornar essa Ciência mais significativa para esse público. Para atender a esse objetivo, planejaram seis aulas, incluindo atividades experimentais, ministradas em uma perspectiva dialógica. Analisaram dois episódios de introdução ao conceito de Termoquímica, utilizando os estudos de Mortimer e Scott (2002) e identificaram a presença do discurso dialógico/interativo e de autoridade/não interativo. A partir da análise dos dados, acreditaram que a contextualização, os experimentos e a discussão de ideias possibilitaram a correlação do conteúdo de Química com os outros campos do saber e a reconstrução de uma visão de mundo mais articulada e menos fragmentada a esses jovens e adultos.

Na dissertação de Lorenzoni (2014), a sequência didática com experimentos investigativos proposta em seu trabalho apresentou uma contextualização sobre o cenário regional de queimadas no estado do Mato Grosso do Sul, em épocas de seca, aliando com os Três Momentos Pedagógicos (3MP). Intitulada “Contextualização do ensino de termoquímica por meio do cenário regional ‘Queimadas’ com a utilização de experimentos investigativos”, propõe aos alunos de uma turma de segundo ano do Ensino Médio noturno, em 8 aulas, atividades para o ensino e a aprendizagem em Termoquímica. Concluiu-se que o material didático construído possibilitou aos alunos a compreensão e construção dos conceitos relacionados à Termoquímica a partir da argumentação e da elaboração de relações entre os conceitos e o contexto das queimadas (LORENZONI, 2014).

#### *ii) Atividades experimentais em Termoquímica:*

No trabalho desenvolvido por Mortimer e Amaral (1998), intitulado “Quanto mais quente melhor, calor e temperatura no ensino de termoquímica”, os autores apresentaram a realização de quatro atividades experimentais para ajudar os alunos a entenderem conceitos relacionados como energia, calor e temperatura, explicando que estabelecer a diferença entre esses conceitos é fundamental para a compreensão da Termoquímica. A primeira atividade proposta consistiu na compreensão dos alunos sobre o funcionamento dos termômetros, e o objetivo dessa atividade era entender o funcionamento dos termômetros e discutir a ideia de equilíbrio térmico. A segunda teve

por objetivo compreender a diferença entre sensação de quente e frio por meio do toque com as mãos de blocos de madeira e alumínio e construção do conceito de temperatura.

A terceira atividade proposta por Mortimer e Amaral (1998) buscou mostrar relações entre calor e temperatura, utilizando cálculos que demonstrassem as quantidades de calor transferidas entre duas massas iguais de água quando essas estiverem em diferentes temperaturas. Os alunos misturariam quantidades iguais de água com temperaturas diferentes e, posteriormente, por meio da expressão  $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$  efetuariam o cálculo a quantidade de calor perdida e ganha pelos sistemas de temperatura mais elevada e de temperatura mais baixa, respectivamente. Na quarta atividade, o objetivo era reforçar a ideia de que só existe transferência de calor quando há uma diferença de temperatura entre dois sistemas. Nessa atividade, levou-se ao aquecimento um béquer contendo água, e dentro desse mesmo béquer, um tubo de ensaio também com água, de forma que o tubo de ensaio não se encostasse nas paredes ou no fundo do béquer. Durante o aquecimento, perguntou aos alunos o que eles esperavam que acontecesse com a água dentro do béquer e com a água dentro do tubo de ensaio, questionando-os se a água dentro do béquer e dentro do tubo atingiria a mesma temperatura e se supunham que a água dentro do tubo entrasse em ebulição.

Mortimer e Amaral (1998) dizem que a compreensão correta de conceitos como calor e temperatura é de fundamental importância para o estudo de outros assuntos como Calor de Reação e Lei de Hess, e concluíram, a partir da execução e análise dessas atividades efetuadas, que os alunos aprenderam de maneira mais eficaz esses conceitos, assim, mais aptos a construir outros níveis de conhecimentos, ou seja, que a discussão dos conceitos de calor e temperatura explicitou as concepções dos alunos e auxiliaram na construção dos conceitos científicos.

Miraldo (2008) apresentou dez situações experimentais sobre Termoquímica, tais como a determinação da capacidade calorífica da água e determinação da entalpia de fusão do gelo, dentre outras, como uma alternativa para trabalhar esse assunto no Ensino Médio, bem como um texto abrangendo a base teórica desse conteúdo. Foi, inclusive, realizada uma análise de uma série de livros didáticos e materiais apostilados de escolas tradicionais. Na seleção dos experimentos, o autor levou em consideração que os professores utilizassem materiais de fácil acesso e de baixo custo e que viabilizassem sua prática dentro de escolas públicas. Procurou-se abranger experimentos que fundamentassem conceitos importantes da Termoquímica, e que estes dessem ao aluno e ao professor a possibilidade de se trabalhar o assunto de uma maneira diferente

da que é encontrada nos livros-texto nacionais. Conforme o autor, o objetivo principal foi alcançado, uma vez que os experimentos permitiram uma nova abordagem para a Termoquímica, possibilitando que as quantidades de energia fossem trabalhadas a partir de atividades experimentais, conferindo um sentido menos vazio, promovendo o desenvolvimento de novas habilidades. Ainda proporcionou aos alunos novas explicações para os fenômenos e fatos à sua volta, assim como outra postura diante de novas situações, movendo-os de curiosidade ingênua em direção a uma curiosidade crítica.

No artigo de Braathen e colaboradores (2008), intitulado “Entalpia de decomposição do peróxido de hidrogênio: uma experiência simples de calorimetria com material de baixo custo e fácil aquisição”, os autores descreveram uma experiência simples realizada com material de baixo custo que produziu bons resultados. Os materiais utilizados foram: recipientes de isopor (usados para manter a temperatura de bebidas), termômetro de álcool, fermento biológico e água oxigenada comercial a 10 volumes. Descreveram os procedimentos realizados no experimento e, posteriormente, apresentaram cálculos e a determinação da constante calorimétrica (C). Fizeram algumas considerações teóricas sobre a reação exotérmica do peróxido de hidrogênio. Nas considerações finais, pouco existe na literatura sobre práticas de laboratório para medir a entalpia de decomposição do peróxido de hidrogênio, e no experimento descrito, o equipamento tem um pequeno orifício para que esse gás (oxigênio) possa escapar e, assim, manter a pressão constante. E concluem que: esse gás que escapa produz algum efeito térmico, sendo uma essa é uma questão importante e sem dúvida existe.

*iii) O uso de jogos didáticos no ensino de Termoquímica:*

No artigo da Química Nova na Escola, “O ludo como um jogo para discutir conceitos em termoquímica”, Soares e Cavalheiro (2006) trazem o jogo Ludo, jogo de tabuleiro, como instrumento de aprendizagem sobre os conceitos ligados à Termoquímica. De acordo com os autores, esse jogo tem objetivo de iniciar o aluno ao conceito de variação energética nas transformações químicas, citando, por exemplo, a variação de entalpia ( $\Delta H$ ). O jogo foi aplicado com alunos do Ensino Médio, e que 95% deles estavam envolvidos com a atividade, revelando uma alternativa de ensino para que

o professor possa utilizar o lúdico em sala de aula para ensinar os conceitos ligados à Termoquímica.

Gonçalves (2016), em sua dissertação, utilizou o lúdico para ensinar Termoquímica a alunos do segundo ano do Ensino Médio. Em sua metodologia, incluiu questionário prévio, aulas dialógicas expositivas, atividades experimentais, lúdicas e entrevistas. A atividade experimental de uma simulação cotidiana foi desenvolvida com os alunos, um calorímetro, para medir o conteúdo energético dos alimentos, em específico foi utilizado um grão de amendoim e posteriormente uma discussão com os alunos como calcular a quantidade de calor liberada na combustão através da fórmula  $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$ . Em seguida, foi desenvolvida com os alunos uma atividade lúdica com “cartas alimentares” sobre perguntas e respostas e, posteriormente, foi proposto um exercício desafio aos estudantes. Portanto, nesse trabalho, constatou-se que houve um melhor rendimento da turma analisada em comparação com outras em que não foi desenvolvida a pesquisa e “a aplicação da sequência didática ainda possibilitou o divertimento e o aprendizado por meio da cooperação e integração durante as atividades em grupo com participação espontânea dos estudantes” (GONÇALVES, 2016, p. 65).

No artigo, Souza e colaboradores (2016) tiveram como objetivo abordar o conteúdo de “Termoquímica”, promovendo uma aula de Química diferenciada por meio da execução de um jogo para auxiliar no processo ensino e de aprendizagem e despertar o interesse dos alunos pelo conteúdo. O jogo foi aplicado a 29 (vinte e nove) alunos de duas turmas da 2ª série do Ensino Médio do Colégio Estadual Rodrigo Rodrigues da Cunha, em Pires do Rio – GO. O jogo, com o título “TermoQuiz”, teve duração de cinquenta minutos e durante sua execução, os alunos da 2ª série do Ensino Médio foram acompanhados pelos alunos de iniciação à docência, que elaboraram o jogo, em cooperação com o Programa de Consolidação das Licenciaturas (Prodocência) e observaram o comportamento dos alunos do ensino médio frente à atividade proposta. De acordo com os resultados obtidos, ressaltou-se a importância da utilização de atividades lúdicas no ensino de Química, devido à influência que elas exercem frente aos alunos, por se tratar de um método alternativo que contextualiza o conteúdo estudado, tornando os processos de ensino e de aprendizagem mais fácil e dinâmico. Com a realização da atividade, certificou-se que o jogo é uma ferramenta didática que motiva os alunos e propicia uma maior interatividade aluno-aluno e aluno-professor. Portanto, considerou-se que o jogo “TermoQuiz” foi uma boa alternativa para ensinar o conteúdo “Termoquímica” com ludicidade.

iv) *O uso das Tecnologias de Informação e Comunicação no ensino de Termoquímica:*

Aliando a teoria com a prática, com a utilização de *software* que foi retirado do site *PHET*<sup>1</sup>, simula a geração de diversas formas de transformações de energia com abordagem no ensino de Química, Santos e colaboradores (2013) revela-nos que, com a utilização do *software*, formas de energia e transformação de energia podem facilitar para que os alunos possam aprender de forma visual e de mais interação entre aluno-professor, assim favorecendo o entendimento do conteúdo. Foi aplicado o *software* com alunos do Ensino Médio noturno e notou-se uma boa interação com a atividade. Portanto, o *software* educativo trouxe para a realidade dos alunos uma visão mais ampla, ajudando a representar os modelos, podendo, assim, dizer que tornou o conteúdo e a disciplina mais atrativos. Na sala de aula de multimídia, pôde-se constatar uma maior interação da matéria com os alunos, o que fez com que assimilassem melhor o conteúdo.

Na pesquisa de Cardoso (2013), foram feitos levantamentos prévios de algumas hiperlinks voltadas para o ensino de Química, concluindo que não foi encontrada nenhuma sobre o ensino de Termoquímica. O levantamento foi realizado com professores de Química da rede pública estadual de Mato Grosso, e a Termoquímica foi citada como um dos conteúdos mais difíceis de trabalhar no Ensino Médio. Ainda em seu trabalho, apresentou como temática as Tecnologias da Informação e Comunicação na Educação, sendo objeto de pesquisa um produto educacional, uma hiperlink. A pesquisa foi realizada utilizando uma metodologia de cunho qualitativa, com características de estudo de caso e pesquisa documental, além de tratar-se de uma pesquisa exploratória, pois tem como objeto de estudo uma hiperlink, que é um assunto ainda pouco conhecido e explorado no ensino de Química. Os instrumentos de coleta de dados utilizados foram feitos dois questionários, um estudo dirigido, análise de livros didáticos e revisão de literatura científica. Com análise dos resultados, constatou-se que o uso de hiperlinks no Ensino de Química contribuiu de forma positiva para os processos de ensino e de aprendizagem dos alunos. Assim, o produto educacional proposto evidenciou-se capaz de auxiliar os professores de Química no ensino de Termoquímica, podendo ser utilizado no Ensino Médio e, também, com

---

<sup>1</sup>Fundado em 2002 pelo Prêmio Nobel Carl Wieman, o projeto PHET Simulações Interativas da Universidade de Colorado Boulder cria simulações interativas gratuitas de Matemática e Ciências, baseando-se em extensa pesquisa em educação que envolvem os alunos através de um ambiente intuitivo, estilo jogo, onde os alunos aprendem através da exploração e da descoberta.

alunos de licenciatura em Química para abordar a produção de materiais didáticos. Os resultados da pesquisa demonstraram, ainda, que a utilização de hipermídias contribuiu de forma efetiva para o ensino de Química, uma vez que essa ferramenta permitiu ao professor fazer uso de diferentes recursos (vídeos, textos, som, imagem, animação, simulação, experimentos) para abordar um mesmo conteúdo, podendo oportunizar uma aprendizagem significativa.

Zappe, Sauerwein e Magno (2014), em seu artigo, relataram que é consenso nas pesquisas da área que as Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) são recursos importantes que precisavam estar inseridos na prática escolar para facilitar os processos de ensino e de aprendizagem. Foram apresentadas reflexões acerca da elaboração, aplicação e avaliação de uma sequência didática sobre Termoquímica com o uso de TIC. A sequência didática foi aplicada em uma turma de 2º ano do Ensino Médio de uma escola particular de um município da região central do Rio Grande do Sul e foi composta de cinco aulas. Portanto, os resultados mostraram que os alunos não estavam habituados a participar de atividades em aula que envolvessem o uso de TIC, que existia uma falta de objetos de aprendizagem sobre o conteúdo de Termoquímica disponíveis na internet e que o professor é um mediador importante para os processos de ensino e de aprendizagem com TIC.

*v) O ensino de Termoquímica na formação inicial docente:*

Firme (2012), em sua tese, teve como objetivo investigar como professores de Química constroem seus discursos quando trabalham conceitos científicos da termoquímica numa abordagem Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS). A metodologia seguiu os parâmetros de uma pesquisa qualitativa interpretativa, constituindo como estudo de caso, e abordou os resultados qualitativa e quantitativamente. Para fins de organização, considerou as estratégias sugeridas pela etnografia interacional, pressupostos da Teoria Semiolinguística de Patrick Charaudeau e da Teoria da Enunciação de Bakhtin. Assim, optou por investigar a construção discursiva envolvendo uma professora de Química com vivência em abordagem CTS e essa investigação ocorreu em uma escola da Rede Estadual de Pernambuco com uma turma da 2ª série do Ensino Médio composta de 20 alunos com faixa etária entre 16 e 18 anos. Portanto, os resultados mostraram que a construção discursiva da professora emergiu em função de identidades psicossociais institucionalmente legitimadas para a professora e alunos que

implicou numa relação assimétrica entre ambos; de finalidades tais como fazer saber-informar; fazer crer-estabelecer verdades e mostrar as provas; e de fazer saber-fazer-instruir; de conceitos científicos sistematizados num sistema de relações e de uma situação de comunicação interlocutiva. Para atender a essas restrições situacionais, a professora recorreu, dentre outras, às seguintes estratégias discursivas: criou oportunidades para os alunos expressarem-se por enunciações incompletas, por interrogações; dirigir-se a eles explícita ou implicitamente, na tentativa de fazê-los sentirem-se coparticipantes da aula; indagou-os frequentemente com uso de interrogações plenas convergentes, retóricas e semirretóricas e apresentou o discurso científico por meio de asserções. Alguns indicadores de possibilidades e limitações foram identificados. Dentre as possibilidades, podemos destacar a ampliação do âmbito dos conceitos trabalhados articulando-os a outros fatos e/ou conceitos científicos à medida que ativa determinados conhecimentos prévios dos alunos e aumenta a capacidade deles de explicar e justificar suas hipóteses. As limitações evidenciaram a ausência da atividade de problematização das asserções que implicassem em uma tomada de posição e em um ato de persuasão. Apesar de o estudo de caso ter suas limitações quanto à generalização dos resultados, as considerações resultantes desta pesquisa apontam para a formação e prática docente.

No artigo intitulado “Prática dos licenciandos de Química: um olhar lúdico no ensino de termoquímica”, Artuso e colaboradores (2013) observaram a falta de interesse dos alunos pelo aprendizado como um dos grandes problemas da educação. Nesse sentido, para incentivar o estudo da Química, diversos professores vêm utilizando atividades lúdicas em suas aulas, aliando o conteúdo com atividades que entretenham os alunos. Portanto, foram desenvolvidos três jogos do conteúdo de Termoquímica, os quais foram aplicados em turmas de Ensino Médio de cursos técnicos de uma Universidade, com o objetivo de constatar a viabilidade de sua utilização como método de ensino e a recepção dos alunos para com essa atividade. Os jogos *Termo em Ação*, *Jogo Termoquímico da Vida* e *Dominó Entálpico* tiveram boa aceitação, sendo os seus conteúdos considerados, em sua maioria, fácil e médio pelos alunos avaliados, uma vez que o conteúdo já havia sido ensinado a eles. Os jogos induziram as turmas ao estudo, sendo uma ferramenta validada pelos licenciandos em sua futura docência no ensino da Química.

Maidana (2016), em sua dissertação, teve como objetivo a aplicação de uma oficina como produto educacional, destinada à formação inicial e continuada de

professores de Química do Ensino Médio. A proposta envolveu uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), embasada na Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de Ausubel, relacionada ao ensino de Termoquímica. A oficina foi realizada com professoras da rede pública estadual e alunos do Curso de Química - Licenciatura. A coleta de dados teve abordagem quantitativa e qualitativa, empregando questionários e entrevistas como procedimentos para a pesquisa. Os dados sobre a avaliação da oficina indicaram que o tema proposto foi considerado relevante, embora o receio em relação à abordagem matemática foi indicado pelos participantes. As atividades experimentais empregadas, as quais priorizaram a calorimetria, foram avaliadas como interessantes e de fácil execução. Assim, a utilização de simulação computacional foi qualificada como uma estratégia de ensino diferenciada, a qual pode complementar ou mesmo substituir o uso do laboratório. No trabalho, portanto, foi identificada a importância de espaços de formação que propiciaram a discussão e o desenvolvimento de propostas de ensino com abordagens diversificadas, os quais puderam colaborar para uma perspectiva de mudança no ensino.

No trabalho de Oliveira (2017), o objetivo foi investigar o ensino da Termoquímica na Educação Básica. Considerou que este assunto vem sendo trabalhado nas aulas de Química, necessitando ser repensado, e buscou uma abordagem diferenciada deste tema, de maneira a ter uma discussão dos aspectos macro e submicroscópicos envolvidos nos processos endotérmicos e exotérmicos. A pesquisa consistiu em uma análise qualitativa realizada com alunos em formação inicial (bolsistas do PIBID), em que observou o entendimento destes em relação aos aspectos submicroscópicos da Termoquímica. Foi aplicado um questionário para docentes da Educação Básica e alunos da licenciatura em Química com o objetivo de diagnosticar a compreensão destes em relação ao tema. Esse diagnóstico direcionou-se para o desenvolvimento do Grupo Focal, de modo que as questões foram retomadas durante a discussão proposta nesse grupo. Para coleta de dados, as discussões do Grupo Focal foram gravadas e transcritas para posterior análise. Acreditou-se que a realização dessa etapa mostrou-se imprescindível, na discussão conceitual e metodológica acerca da Termoquímica, possibilitando evidenciar algumas fragilidades conceituais em relação às energias envolvidas nas transformações físicas e químicas. Considerou-se que essas fragilidades muito se deu a fragmentação dos conceitos químicos, uma vez que nas discussões fez-se necessária a retomada de outros conceitos, como por exemplo, estados de físicos da matéria, mudanças de estados de físicos, conceito de ligação e reação

química. Outro fator evidenciado foi relacionado às dificuldades é à desarticulação dos níveis do conhecimento químico: o fenomenológico, o teórico e o representacional. Portanto, a pesquisa contribuiu para a formação inicial dos licenciandos e continuada da pesquisadora.

Stähler (2017) analisou o processo de produção do conhecimento escolar e sua contribuição para a formação inicial vivenciado pelos futuros professores de Química e bolsistas do PIBID a partir de uma oficina sobre Termoquímica. A pesquisadora analisou o processo de formação vivenciado quanto aos entendimentos sobre as relações entre conhecimentos cotidianos e científicos, para compreender possíveis contribuições de processos de (re)significação de conhecimentos na produção do conhecimento escolar aliado à constituição da docência em Química. Os resultados dessa pesquisa evidenciam a importância da compreensão dos futuros professores em torno da história do calor, os distintos sentidos que esse termo adquiriu nos contextos cotidiano e científico. E que a produção do conhecimento escolar ocorre a partir do embate entre os saberes sociais, que são reafirmados ou negados, dependendo da situação a que o aluno esteja vivenciando. A oficina proposta por Stähler (2017) possibilitou aos futuros professores discutir também o papel das atividades experimentais - em especial quando realizada de forma investigativa e problematizadora para a produção do conhecimento escolar, assim como o cuidado que eles devem ter com o uso dos livros didáticos.

Nesse ensejo, as estratégias de ensino e de aprendizagem sobre Termoquímica nos revelam que a motivação dos professores é importante acontecer sempre que forem ensinar. Na verdade, é desejável que eles motivem os alunos e as diferentes estratégias para qualquer conteúdo da Química, que são, em sua grande maioria, todos abstratos.

## METODOLOGIA

Este trabalho é fruto da análise de uma sequência de aulas, com características qualitativas da pesquisa-ação, sobre o conteúdo de Termoquímica, produzida e desenvolvida pelo pesquisador em uma turma da segunda série do Ensino Médio, em uma escola pública de Uberlândia. Esta pesquisa tem características qualitativas, pois, segundo Bogdan e Biklen (1994), o pesquisador teve contato prolongado e direto com a escola onde os dados foram coletados; tem-se um interesse maior pelos processos do que simplesmente pelos resultados ou produtos, e a análise ocorreu de forma indutiva, visando à descrição e à interpretação dos dados. Além disso, o trabalho tem características de pesquisa-ação, pois, segundo Tripp (2005, p. 446), nesse tipo de pesquisa “planeja-se, implementa-se, descreve-se e avalia-se uma mudança para a melhora de sua prática, aprendendo mais, no correr do processo, tanto a respeito da prática quanto da própria investigação”. Assim, segundo esse autor, a pesquisa-ação é uma estratégia importante para o desenvolvimento do professor enquanto pesquisador, pois pode utilizar as reflexões de sua investigação para aprimorar os processos de ensino em suas aulas, visando ao melhor aprendizado de seus alunos.

Thiollent (2011) destaca que:

O método de pesquisa-ação consiste essencialmente em elucidar problemas sociais e técnicos, cientificamente relevantes, por intermédio de grupos em que encontram-se reunidos pesquisadores, membros da situação-problema e outros autores e parceiros interessados na resolução dos problemas levantados ou, pelo menos, no avanço a ser dado para que sejam formuladas adequadas respostas sociais, educacionais, técnicas e/ou políticas. No processo de pesquisa-ação estão entrelaçados objetivos de ação e objetivos de conhecimento que remetem a quadros de referência teóricos, com base nos quais são estruturados os conceitos, as linhas de interpretação e as informações colhidas durante a investigação. [...] a pesquisa-ação pode ser concebida como *método*, isto quer dizer um caminho ou um conjunto de procedimentos para interligar conhecimento e ação, ou extrair da ação novos conhecimentos (THIOLLENT, 2011, p.7-8).

Franco (2008) afirma que frequentemente o “conhecimento gerado por meio da pesquisa educacional acadêmica é apresentado de uma forma que não leva os professores a se engajar intelectualmente” (p. 104). Por isso, a pesquisa-ação surge como possibilidade de construção de conhecimentos pelo professor sobre a prática docente, para que ele compreenda sua prática e, assim, possa transformá-la num movimento reflexivo. Assim,

A pesquisa na prática docente pode produzir rompimentos nas concepções tecnicistas de docência, gerando a possibilidade de ressignificação das relações entre teoria e prática, podendo funcionar como contraponto importante às constantes degradação e desprofissionalização que têm atingido a classe docente [...]. Esse processo de construir as práticas que falam, que se autotransformam e que produzem conhecimento não ocorre de uma hora para outra; daí a importância da pesquisa-ação como instrumento político para propiciar aos docentes mecanismos para que aprendam ou reaprendam a investigar a própria prática de forma coletiva, crítica e transformadora (FRANCO, 2008, p. 113).

É possível inferir que a metodologia empregada na presente investigação garante a validade ecológica – que é a “medida da extensão em que o cenário pesquisado foi o mais próximo possível do natural” (COHEN; MANION; MORRISON, 2000 *apud* MENDONÇA, 2008, p. 29), uma vez que: (i) o pesquisador foi o próprio professor da turma; (ii) as aulas em que os dados foram coletados ocorreram no mesmo espaço que as demais aulas de Química; e (iii) o professor-pesquisador buscou manter imparcialidade no desenvolvimento das atividades, considerando que elas eram (ou deveriam ser) parte integrante da proposta inicial apresentada no programa da disciplina. Ainda de acordo com Alves-Mazzotti (2001), quando uma pesquisa qualitativa tem o pesquisador fazendo parte da investigação, o trabalho deve combinar a *observação participante* com outros instrumentos de coleta de dados.

Assim, para este trabalho, os instrumentos de coleta de dados são: *i*) a sequência didática elaborada inicialmente, *ii*) a avaliação aplicada aos alunos após a sequência didática e, *iii*) os registros em áudio da segunda sequência didática. Esses instrumentos serão descritos a seguir.

### **Caracterização do local e sujeitos da pesquisa**

A escola estadual onde a sequência didática foi desenvolvida situa-se afastada do centro da cidade de Uberlândia (MG), mas possui fácil acesso por transporte público. A escola trabalha com os ensinos Fundamental II e Médio nos três períodos. A pesquisa aqui relatada foi desenvolvida especificamente no período noturno, em uma turma do Ensino Médio. As salas de aula têm quantidade de carteiras adequada ao número de alunos matriculados, com bom estado de conservação. Os ambientes são limpos e organizados.

A escola possui sala de informática equipada e com acesso à internet, sendo que os alunos podem frequentá-la sob supervisão de um professor. No laboratório de informática, há um equipamento de data show. Há outros dois equipamentos de data show e notebooks na escola, que podem ser reservados e deslocados até as salas de aulas pelos professores. A escola não possui laboratório de Ciências/Química/Física, por isso, nas poucas vezes que os professores realizam alguma atividade experimental, ela ocorre na sala de aula com materiais do próprio professor ou trazidos pelos alunos. No período da pesquisa, a escola adotava o livro didático de Química, Ser Protagonista – Química, da editora SM. Atualmente, dos livros aprovados no PNLD 2017, a escola adotou a mesma coleção.

Os vinte e quatro alunos que participaram das aulas tinham, na época, a faixa etária de 16 a 18 anos. A maior parte deles estava cursando a segunda série do Ensino Médio regular pela primeira vez. Todos trabalhavam durante o dia, por isso, estudavam no período noturno; logo, a escola não é a principal atividade ou responsabilidade. Tal fato é importante ser destacado, não por compreender que esses estudantes poderiam ter aprendizagens diferentes daqueles que estudam em outros turnos, mas em função da compreensão da especificidade que a própria escola tem com esses alunos. Além das aulas terem cinco minutos a menos que no período matutino e vespertino, foi possível verificar uma preocupação maior com a permanência desses alunos, o que muitas vezes resulta em práticas de ensino com menor grau de exigência do que são adotadas em outros períodos.

Mesmo que essas características não sejam específicas da escola onde a pesquisa foi realizada, compreendemos que seja importante serem aqui mencionadas, pois influenciaram diretamente no trabalho, uma vez que ausência de alguns alunos às aulas também influenciou na proposta da sequência delas, os quais deixaram de ver alguns conceitos ligados à Termoquímica que foram realizados durante o período em que a sequência didática foi desenvolvida.

### **Sobre as aulas ministradas sobre Termoquímica**

No segundo bimestre de 2017, foi planejada uma sequência didática de vinte e duas aulas para o conteúdo de Termoquímica. De acordo com Pais (2002, p. 102), “uma sequência didática é formada por um certo número de aulas planejadas e analisadas previamente com a finalidade de observar situações de aprendizagem, envolvendo os

conceitos previstos na pesquisa didática”. Compreendendo que o processo de ensino é árduo e complexo, principalmente por englobar questões que envolvem tanto as relações entre os alunos e o professor no ambiente escolar quanto em função do gerenciamento dos tempos e espaços escolares. Por isso, as aulas precisaram ser planejadas considerando toda a problemática que envolve o ensino de Química no período noturno.

Para o planejamento dessas aulas, o pesquisador utilizou apenas o livro didático adotado pela escola (LISBOA, *et al.*, 2016). Das vinte e duas aulas, dez aulas foram destinadas à resolução e correção de exercícios, uma aula para a aplicação da avaliação e outras duas aulas para as atividades de recuperação – que é um período obrigatório na escola onde atua o pesquisador. Assim, foram destinadas nove aulas para trabalhar o conteúdo de Termoquímica com os alunos. O planejamento dessas nove aulas está no Apêndice 1. Importante mencionar que as aulas no período noturno são de quarenta e cinco minutos, ou seja, têm cinco minutos a menos que no período diurno.

Após cada aula, o pesquisador realizava o registro de suas ações, informações importantes para as próximas aulas, impressões e reflexões sobre sua ação em um caderno, que aqui será nomeado como “notas de campo”. Dessa forma, as notas de campo são úteis para documentar a pesquisa realizada, mas principalmente por possibilitar a reflexão crítica das ações realizadas ao longo da sequência didática. Por isso, elas constituem-se como um importante instrumento de coleta de dados para esta investigação. Cañete (2010, p. 12) afirma que este pode ser utilizado pelos professores “para documentar os acontecimentos da aula, seus sentimentos, preocupações, frustrações, conquistas, o que fez as atitudes dos alunos, as propostas de ação, assim como a relação destes com teorias já estudadas ou novas teorias que vier a estudar”. Além disso, essa pesquisadora afirma também que o ato de registrar os acontecimentos da aula em um caderno ou diário é um movimento praxiológico, por ser um movimento “circular de ações nem sempre diretas, dialógico e dialético, que impõe um posicionamento diante do mundo/objeto docência-discência, movimento que objetiva a maior e melhor compreensão da prática educativa, do fazer pedagógico” (CAÑETE, 2010, p. 36).

### **Análise da avaliação de Termoquímica aplicada após as aulas**

Com o objetivo de compreender o entendimento dos alunos sobre o conteúdo de Termoquímica, assim como a metodologia adotada na sequência didática, foi aplicada

uma avaliação bimestral no final do 2º bimestre. Todos os vinte e quatro (24) alunos da segunda série do Ensino Médio que participaram das aulas responderam à avaliação. Esta foi aplicada no horário da aula de Química, no período destinado às avaliações pela direção da escola. Os alunos foram avisados com antecedência e tiveram pelo menos uma semana para revisar os conceitos discutidos em sala antes da avaliação.

De acordo Bardin (2011), neste instrumento analítico, os conteúdos de um determinado material são descritos por meio de três procedimentos sistemáticos: o inicial, caracterizado por uma primeira leitura dos dados coletados para a análise preliminar; o segundo, quando se faz uma leitura mais aprofundada do material, de modo a organizar os dados em classes de respostas e o terceiro, que é assinalado pela interpretação dos dados obtidos.

A avaliação (Apêndice 2) continha sete questões, sendo as questões 1, 3 e 6 de múltipla escolha e as questões 2, 4, 5 e 7 discursivas. A sua elaboração foi baseada nos exercícios dados em sala de aula e no livro didático e a sua aplicação foi em sala de aula, com duração de 45 minutos. Além disso, seguiu-se as sugestões de Carmo e Ferreira (1998) em relação ao cuidado na formulação das questões. Esses autores orientam sobre a necessidade dos enunciados das questões quanto à coerência e à forma lógica para quem as responde, usando linguagem clara e acessível aos estudantes.

Ao final da avaliação, o pesquisador registrou a letra A na parte superior das folhas, seguida do número sequencial 1, 2, 3..., 23 e 24, na ordem em que elas foram entregues, a fim de preservar a identidade de cada aluno. Na sequência, cada questão foi analisada, anotando as respostas de cada aluno e, em seguida, foram comparadas e categorizadas a partir das concepções dos grupos de alunos sobre o conteúdo de Termoquímica. Segundo Lüdke e André (1986), em alguns casos, pode ser que essas categorias iniciais sejam suficientes, pois sua amplitude e flexibilidade permitem abranger a maior parte dos dados; já em outros casos, as características específicas da situação podem exigir a criação de novas categorias.

A seguir, foram agrupadas as respostas por afinidades para cada questão, sendo os dados analisados de modo que fossem detectadas as informações ou dados que ocorressem com maior frequência. Essas respostas serão analisadas no próximo capítulo, sendo comparadas, sempre que possível, com outras pesquisas que analisaram as dificuldades de aprendizagem de alunos sobre os conceitos de calor, energia, entalpia, dentre outros. A classificação e organização dos dados são necessárias para uma fase mais complexa da análise, que ocorre à medida que o pesquisador vai reportar

suas anotações. É preciso que o pesquisador vá além, ultrapasse a mera descrição, buscando realmente acrescentar algo à discussão já existente sobre o assunto (LÜDKE; ANDRÉ, 1986).

### **Sobre a reelaboração da sequência didática**

De acordo com Oliveira (2013), as sequências didáticas podem ser consideradas um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a concretização de alguns objetivos educacionais, que tem um princípio e um fim conhecido tanto pelos professores quanto pelos estudantes. A organização das sequências didáticas para o ensino de algum conteúdo permite que os estudantes fiquem cientes dos objetivos das atividades e do que se espera que aprendam com elas, o que dá muito mais sentido às dinâmicas articuladas em sala de aula. Isso pode deixar mais evidente os processos para realizar determinadas tarefas com a mediação do professor, de modo que, ao longo do trabalho, a turma passará por diversas etapas e, ao finalizá-las, poderá analisar o percurso e avaliar o que foi aprendido. Ainda segundo Oliveira (2013, p. 39), a sequência didática “compreende um conjunto de atividades conectadas entre si, e prescinde de um planejamento para delimitação de cada etapa e/ou atividade para trabalhar os conteúdos disciplinares de forma integrada” visando melhorar a dinâmica envolvida nos processos de ensino e de aprendizagem.

A reorganização da sequência didática sobre Termoquímica, planejada para a segunda etapa desta pesquisa, teve o objetivo de desencadear uma visão crítica sobre o conteúdo de Termoquímica, evitando a ênfase empregada na sequência inicial dos aspectos mnemônicos e buscando inserir novas práticas a partir das leituras realizadas para este trabalho dissertativo e das interpretações dos resultados que serão discutidos no próximo capítulo. Nessa sequência, buscou estimular a postura ativa dos alunos, facilitando a compreensão dos conceitos, a produção de conhecimentos, práticas e saberes pertinentes aos processos de ensino e de aprendizagem envolvendo a Termoquímica.

Assim, no terceiro bimestre de 2018, foram destinadas treze aulas para esse conteúdo. O planejamento dessas aulas está no Apêndice 3. A nova sequência de aulas foi ministrada em uma turma da segunda série do Ensino Médio, no período diurno, na mesma escola em que as aulas foram ministradas em 2017. Importante mencionar que as aulas no período diurno são de cinquenta minutos, ou seja, cinco minutos a mais do que

no período noturno – logo, o tempo para realizar as atividades foi maior do que no ano anterior. A turma possuía o total de trinta e seis alunos e, para diferenciar a forma como os alunos foram identificados na primeira sequência didática, aqui os alunos serão identificados com a letra E seguidos dos números 1, 2, 3, 4,..., 36. A maioria dos que participou das aulas tinha faixa etária de 15 a 17 anos e todos estavam cursando a segunda série do Ensino Médio pela primeira vez.

Os registros das aulas foram gravados por meio de áudios e fotografias que posteriormente foram ouvidas e analisadas aula por aula, sendo apresentadas e discutidas no próximo capítulo. Para analisar as interações que ocorreram durante as aulas, utilizou-se a gravação em áudio de todas as treze aulas, totalizando mais de dez horas de gravações. Em seguida, esses registros foram transcritos, permitindo um distanciamento e, ao mesmo tempo, uma oportunidade de reviver as situações que ocorreram em sala de aula. Como destacado por Machado (1999), a oportunidade de revisar as próprias aulas por vezes é difícil, pois evidencia as próprias fragilidades, a forma como o conteúdo era explicado, como respondia às questões, as dúvidas dos alunos que naquele momento poderiam ter sido respondidas de forma diferente ou algum comentário que durante a aula não foi percebido. Dessa forma, a descrição e análise dessas atividades é “uma versão lembrada, recontada, reexperenciada e refletida de uma experiência direta” (SHULMAN, 1996 *apud* MIZUKAMI, 2002, p. 156). Logo, realizar esse processo possibilita ao pesquisador “aprender pela experiência”. Assim, durante o processo de transcrição das interações ocorridas durante as aulas sobre Termoquímica, identificam-se os pontos das aulas que evidenciam a aprendizagem e as dificuldades dos alunos, assim como evidenciam-se as ações que poderiam ter ocorrido de forma diferente, como será discutido na parte dos resultados desta dissertação.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **Breve relato das aulas ministradas sobre Termoquímica**

A sequência didática inicial foi ministrada no segundo bimestre de 2017, entre os meses de maio e julho, totalizando vinte e duas aulas sobre Termoquímica, em onze semanas – dez aulas em maio, oito em junho e quatro em julho. O único recurso utilizado nas aulas foi a lousa. Por opção metodológica do professor, os conteúdos e as atividades eram escritos na lousa para que os alunos pudessem copiá-los e resolvê-los em seus cadernos, não fazendo uso do livro didático nessas aulas. O segundo bimestre foi um período atípico do que normalmente, pois ocorreu com um menor número de aulas em função da greve dos professores que ocupou parte significativa do primeiro bimestre.

Durante o mês de maio, foram trabalhados com os alunos os conceitos de Termoquímica e Entalpia; a energia envolvida nas variações de estados físicos; a diferenciação dos processos exotérmicos e endotérmicos; diagramas da variação de entalpia em reações exotérmicas e endotérmicas – totalizando seis aulas. Em seguida, foram destinadas quatro aulas para exercícios e correção deles. No mês de junho, foram trabalhados os seguintes conteúdos: entalpia de formação; equação termoquímica e entalpia de combustão, totalizando quatro aulas teóricas, e outras quatro aulas para exercícios e correção das atividades propostas. No mês de julho, realizou-se a avaliação, correção e atividades de recuperação, finalizando o bimestre.

Não foi possível trabalhar os conceitos sobre Energia de ligação e Lei de Hess. Sobre as propostas de ensino envolvendo a energia das ligações, Souza e Justi (2010) destacam a importância de o professor discutir com os alunos que o rearranjo dos átomos, numa transformação química, está diretamente relacionado à absorção de energia durante a quebra das ligações, assim como na liberação de energia na formação das ligações, buscando a estabilidade. Em relação à Lei de Hess, Castro e colaboradores (2013) alertam que muitos professores apresentam uma pequena parte teórica, explicando alguns casos em que a lei é utilizada, e mostram como utilizá-la, na sequência, o foco é no uso de algoritmos, sem mencionar o conceito de função de estado, aspecto relevante a ser considerado quando discute-se esse conteúdo. Por isso, para a sequência didática a ser elaborada, o pesquisador irá avaliar a necessidade de inserção desse tópico em suas aulas e, caso opte por inseri-lo, tomando o cuidado de evitar a ênfase nos aspectos quantitativos atrelados à Lei de Hess.

Também não foram discutidos os conceitos de calor e temperatura, como é destacado como importante por inúmeras pesquisas (MORTIMER; AMARAL, 1998; KÖHNLEIN; PEDUZZI, 2002). Köhnlein e Peduzzi (2002) afirmam que discussões desse tipo ainda são precárias nos cursos de formação inicial dos professores; da mesma forma, os materiais didáticos pouco se preocupam com tais concepções. Por isso, os autores acreditam que esses sejam os motivos para que poucos professores trabalhem essas questões em suas aulas. Entretanto, como afirmam Mortimer e Amaral (1998), a importância dos alunos compreenderem as diferentes formas de entendimento sobre calor e temperatura, para a Ciência e para o contexto cotidiano, sabendo usá-las em cada situação. Para isso, os autores propuseram uma série de atividades que poderiam ser repensadas para a sequência didática a ser elaborada.

Durante as aulas ministradas, os alunos, em sua maioria, registravam os conteúdos e atividades em seus cadernos. Entretanto, notou-se a pouca participação deles nas aulas, em que poucas vezes, algum perguntava sobre o conteúdo, muitas vezes relacionado à resolução de algum exercício. Por exemplo, perguntavam sobre a questão dos sinais positivo ou negativo na variação de entalpia, para evidenciar processos endotérmicos e exotérmicos. Essas sempre ocorriam em atividades propostas para diferenciar as reações endotérmicas e exotérmicas, assim como a dificuldade em interpretar os diagramas representativos da energia envolvida nas reações. Também apresentavam dúvidas quanto ao uso da fórmula da variação de entalpia ( $\Delta H$ ), para efetuar os cálculos nas atividades propostas. Assim, foi possível constatar que todas as dúvidas estavam relacionadas às aplicações dos conceitos nos exercícios. Durante as aulas teóricas, foi possível verificar poucos momentos de interação. De acordo com Zanella (1997 *apud* OLIVEIRA; ALVES, 2005, p.231), há quatro condições para que a aprendizagem ocorra, dentre elas, as psicológicas que “dizem respeito à motivação do indivíduo, ou seja, à forma como este se mobiliza e direciona sua ação na aprendizagem” (p.26).

Um encaminhamento para evitar que tal fato repita-se na sequência didática a ser planejada, sendo uma motivação para refazer a aplicação da sequência numa outra perspectiva, seria repensar as aulas numa perspectiva expositiva dialógica que, de acordo com Lopes (1991 *apud* GONÇALVES, 2016, p. 29), é uma estratégia de ensino que pode ser descrita como “uma exposição de conceitos com a participação ativa dos estudantes na qual o conhecimento prévio é extremamente importante”. Da mesma forma, Freire e Shor (1986 *apud* GONÇALVES, 2016) afirmam que tal prática valoriza

as experiências cotidianas dos alunos – como as ideias de calor, caloria, termômetro, temperatura, relacionando-a com os conteúdos estudados. Diferente do que ocorreu nas aulas ministradas em 2017, em que na aula dialógica expositiva, os conteúdos poderiam ser apresentados pelo professor, levantando questionamentos, incentivando a (re)descoberta pelos alunos a partir do confronto com a realidade conhecida.

### **Análise da avaliação bimestral dos alunos**

No fim do bimestre, foi aplicada a avaliação sobre o conteúdo de Termoquímica, que será analisada aqui. A avaliação continha sete questões em que três questões são de múltipla escolha e quatro discursivas. No primeiro momento, verificaremos as questões de múltipla escolha, denominadas de Q1, Q3 e Q6. No segundo momento, analisaremos as questões discursivas.

As questões Q1, Q3 e Q6 (Apêndice 2) referiam-se aos processos endotérmicos e exotérmicos. A primeira questão (Q1) apresentava quatro afirmativas sobre as características de um processo endotérmico: *i*) há absorção de calor; *ii*) há diminuição de energia; *iii*) a entalpia dos reagentes é menor que a dos produtos e *iv*) a variação de entalpia é negativa. A questão solicitava que os alunos assinalassem as alternativas corretas. Nesse caso, esperava-se que os alunos compreendessem que as alternativas *i*) e *iii*) estariam corretas, já que num processo endotérmico ocorre absorção de energia da vizinhança na forma de calor – sendo o contrário do que afirmava no item *ii*). Da mesma forma, o valor da variação da entalpia será positivo, já que num processo endotérmico, a entalpia dos produtos é maior do que a dos reagentes. Nesse caso, a energia necessária para romper as ligações dos reagentes é menor que a liberada na formação de ligações dos produtos. Logo, a alternativa *iv*) também estaria incorreta. Como pôde ser observado, uma minoria dos alunos conseguiu compreender corretamente essa questão. A maior parte dos alunos demonstrou falta de entendimento sobre as características de um processo endotérmico, enquanto um aluno não respondeu a essa questão.

Foi possível verificar aqui que o fato das explicações em sala de aula não terem explorado os aspectos cinético-moleculares, discutindo com os alunos os processos de rompimento e formação de ligações e a energia envolvida nestes processos – associando-a também à agitação das moléculas, pode ter provocado o surgimento dessas

dificuldades conceituais, sendo, portanto, um dado importante para a construção da nova sequência didática.

Averiguamos que, nas questões de múltipla escolha, os alunos demonstraram dificuldades em diferenciar uma reação endotérmica de uma exotérmica. Analisando as respostas da questão Q6, verificou-se que os alunos conseguiram assimilar corretamente a questão, e que a maior parte não compreendeu que quando o símbolo  $\Delta H < 0$  indica que a reação é exotérmica. Fato semelhante foi constatado por Souza e Justi (2010), quando os alunos apresentaram ideias confusas associando o balanço energético de um sistema com os processos endotérmicos e exotérmicos. Acredita-se que a forma como esses conceitos foram trabalhados em sala precisaria ser repensada, já que esta poderia ser a razão de tais dificuldades. Por isso, na sequência didática a ser reformulada, daria mais atenção às explicações cinético-moleculares do que às definições, relacionando os fenômenos a exemplos mais próximos dos alunos. Verifica-se a necessidade de articular a compreensão da variação de entalpia ( $\Delta H$ ) com a energia envolvida nos processos de quebra e formação das ligações e não só na análise dos sinais positivo e negativo, relacionando-os à classificação como reação endotérmica ou exotérmica.

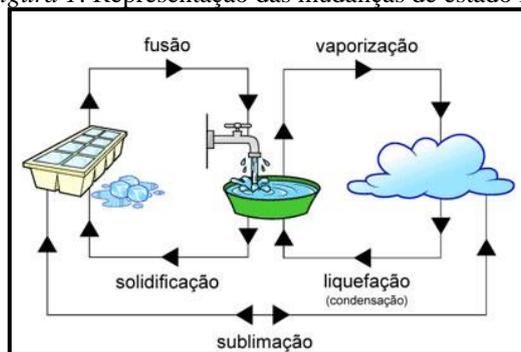
Chama-nos também a atenção na questão Q3 o fato de os alunos não compreenderem os processos que podem ser endotérmicos e exotérmicos em nosso cotidiano, em que a questão propõe que eles assinalem a alternativa que contém apenas fenômenos exotérmicos. Logo, alguns alunos conseguiram entender o que a questão Q3 pedia de fato, contrapondo que a maioria dos alunos não compreendeu fenômenos do cotidiano em processos exotérmicos e endotérmicos. Para facilitar essa diferenciação, Bertino e Santana (2016) propuseram que os alunos de uma escola estadual registrassem com suas câmeras dos celulares fenômenos do cotidiano que envolvessem liberação ou absorção de calor. Após esses registros, alunos e professor analisaram os fenômenos e buscaram explicações para energia envolvida em cada processo. Quanto à liberação e absorção de calor, podemos classificar como um processo exotérmico aquele que libera calor para a vizinhança e como um processo endotérmico aquele que absorve calor da vizinhança. As reações de combustões são exemplos de processos exotérmicos, enquanto a vaporização exemplifica um processo endotérmico.

Cabe ainda a reflexão de que dois alunos deixaram a questão de múltipla escolha sem respostas. Pode ser pelo fato de naquele momento da avaliação o aluno não compreendeu o conteúdo de termoquímica ou simplesmente não estava interessado em resolvê-la. Não podemos esquecer o fato de muitos desses alunos serem trabalhadores e

ter idades diferentes dos alunos que estudam no período da manhã. Por isso, as condições sociais e econômicas de suas famílias, a falta de cobrança de pais, as responsabilidades do trabalho, dentre tantas outras questões refletem no percurso deles, logo, no envolvimento ou não, durante os processos avaliativos.

As questões Q2, Q4, Q5 e Q7 eram discursivas e serão aqui analisadas. Começando pela questão Q2, que apresenta uma figura com as mudanças de estado físico da água (Figura 1) e pedia que os alunos classificassem as mudanças de estado em exotérmico ou endotérmico.

Figura 1: Representação das mudanças de estado físico da água



Fonte: <http://quimicano1anoconego.blogspot.com.br/2010/05/mudancas-de-estado-fisico.htm>.

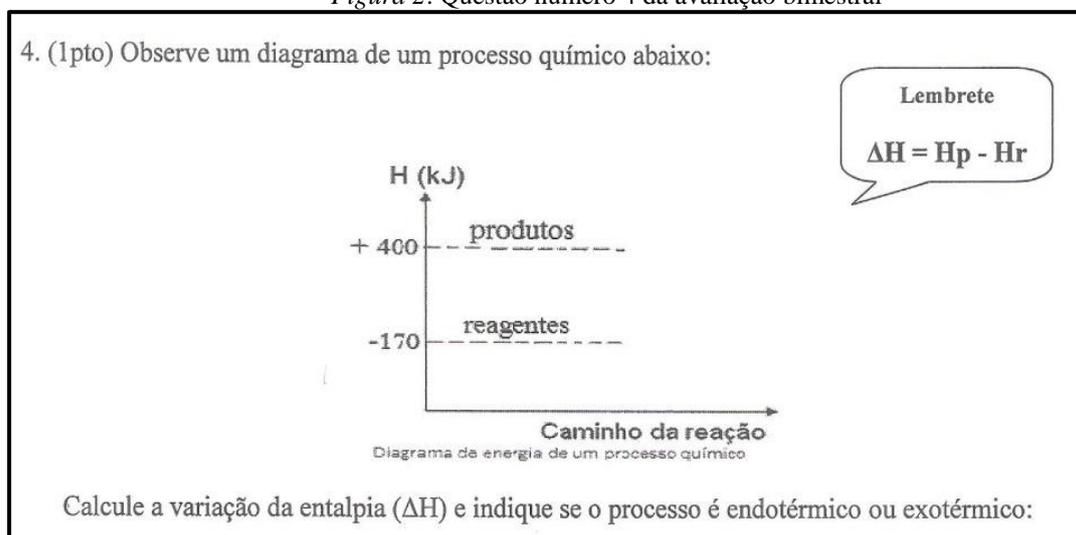
Nas avaliações analisadas, verificou-se que uma pequena parte dos alunos não respondeu a esta questão, deixando-a em branco. E os outros que responderam demonstraram dificuldades em relacionar os processos de mudança de estado aos fenômenos termoquímicos. Em uma parcela maior dos alunos que responderam à questão, verificou-se que responderam corretamente. Ou seja, nesta questão, os alunos compreenderam que os cubos de gelo, quando expostos à temperatura ambiente – ou seja, superior a  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , começam a derreter, pois suas moléculas absorvem energia na forma de calor do ambiente, aumentando o grau de agitação. Da mesma forma, as moléculas da água no estado líquido, quando expostas a aquecimento, absorvem energia passando para o estado gasoso/vapor – quando a temperatura atingir  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ . O mesmo ocorre com o gelo quando sofre processo de sublimação, passando para o estado gasoso/vapor; as moléculas de água no estado sólido absorvem energia do meio, passando para o estado gasoso. Dessa forma, as mudanças de estado de agregação são classificadas como endotérmicas quando envolvem o aumento do grau de agitação das partículas constituintes, ao absorverem energia na forma de calor do meio. O contrário, ou seja, os processos de mudança de estado de agregação como a liquefação (passagem do estado gasoso/vapor para o líquido) e a solidificação (passagem do estado líquido

para o sólido) envolvem liberação de energia para o meio, logo, são classificadas como exotérmicas.

Entretanto, dos 24 alunos que participaram da avaliação, uma pequena parcela respondeu de forma parcialmente correta, ou seja, classificou corretamente apenas uma ou outra passagem de mudança de estado físico. Nesse caso, pode-se citar o exemplo do aluno A22, que classificou incorretamente a fusão e a solidificação como sendo exotérmica e endotérmica, respectivamente, e a vaporização como endotérmica, a liquefação e sublimação como exotérmicas, corretamente. E três erraram a questão, ou seja, não conseguiram identificar quais mudanças poderiam ser classificadas como endotérmicas ou exotérmicas, confundindo endotérmicas e exotérmicas. Entretanto, nessa questão, os alunos são levados a relacionar a conceitos de absorção ou liberação de calor sem entender de fato o conceito de “calor”.

Foi possível verificar que esta é uma fragilidade do método adotado em sala de aula para trabalhar esses conceitos. Nesse sentido, Mortimer e Amaral (1998) apontam que isso tem sido causa de dificuldades no ensino de Química, pois, na maioria das vezes, o professor trabalha conceitos mais avançados como Calor de Reação, Lei de Hess etc., sem uma revisão dos conceitos mais básicos.

Figura 2: Questão número 4 da avaliação bimestral



Fonte: o autor (2018).

Analisando a questão Q4 (Figura 2), em que os alunos efetuariam o cálculo da variação de entalpia ( $\Delta H$ ), verificamos que, dos 24 alunos, metade deles tentou resolver a questão e a outra metade deixou a questão em branco. Dentre a metade que resolveu a questão, dois alunos apenas responderam como exotérmico ou endotérmico, não efetuando nenhum cálculo matemático para a questão, e os outros conseguiu efetuar o

cálculo da variação de entalpia, mas não compreenderam a necessidade de aplicar corretamente a linguagem matemática. Nesse caso, como a entalpia dos reagentes era negativa ( $-170 \text{ kJ}$ ), quando o aluno substituiu esse valor na expressão informada na questão, ( $\Delta H = H_P - H_R$ ), o valor negativo deveria ser mantido. Assim, percebe-se a dificuldade dos alunos em utilizar as ferramentas matemáticas e não a aplicação do conhecimento químico.

Nesse sentido, é importante que o professor compreenda que a Matemática é uma linguagem que, segundo Pietrocola (2002, p. 101), “empresta sua própria estruturação ao pensamento científico para compor os modelos físicos sobre o mundo”. Além disso, esse autor afirma que “se a matemática é a linguagem que permite ao cientista estruturar seu pensamento para apreender o mundo, o ensino da ciência deve propiciar meios para que os estudantes adquiram esta habilidade” (PIETROCOLA, 2002, p. 105). Dessa forma, cabe ao professor de Química reconhecer a necessidade de articular os conhecimentos e as ferramentas matemáticas, promovendo a estruturação das ideias químicas.

Nesse sentido, Soares e Cavalheiro (2006) destacam que o professor de Química, ao trabalhar os conceitos relacionados à Termoquímica, é importante deixar claro para os alunos que, quando se utilizam equações químicas e submetem sinais matemáticos a valores de energia, estão utilizando, no primeiro caso, o nível representacional de uma transformação química, e no segundo, uma representação que houve uma variação de energia, ou seja, um consumo ou liberação de energia. Por isso, a importância de reconhecer que a forma como a questão foi elaborada não exige a articulação do nível representacional com o formalismo matemático.

A questão exigia apenas que os alunos retirassem os valores das entalpias dos reagentes e produtos do diagrama e aplicá-los na fórmula da variação de entalpia. Nesse ensejo, Silva (2005) aponta que o tratamento didático da entalpia não é simples. Compreender o significado da entalpia requer conhecer o problema que lhe deu origem e o encaminhamento da solução. Caso contrário, pode acontecer que os alunos apenas memorizem mecanicamente uma expressão para uso escolar sem qualquer vínculo com os outros ambientes onde vivem.

Na questão Q5 (Figura 3), apenas um aluno desenvolveu cálculos para ela. Os demais apenas apresentaram um número como resposta. Analisando a questão e a resposta dos alunos, nenhum escreveu a equação química de combustão do propano. Nesse sentido,

A disciplina Química, por possuir uma linguagem simbólica muito desenvolvida, apresenta uma dificuldade extra aos seus estudantes – que é conhecer não somente o fenômeno observável, mas sua representação “microscópica” na forma de modelos e também na forma simbólica por meio das equações químicas. A cilada para os professores é julgar que seus alunos compreendem o assunto tratado somente por meio da avaliação da representação simbólica. Os estudantes, por sua vez, tentam se valer do que podem. Sem uma compreensão dos modelos químicos, apelam para “esquemas de sobrevivência”, memorizando fórmulas e reproduzindo assim erro em avaliações. Entretanto, ao serem forçados a revelar seus modelos, expressam uma incompreensão do fenômeno avaliado (NERY; LIEGEL; FERNANDEZ, p. 587, 2007).

Figura 3: Questão número 5 da avaliação bimestral

5. (2 ptos) Considere a reação de combustão de 440,0 g de propano ( $C_3H_8$ ), a 25 °C e 1 atm, com liberação de 22200 kJ. Para se obter 1110 kJ de calor, nas condições mencionadas, qual é a massa de propano, em gramas, que deve ser utilizada?

Fonte: o autor (2018).

Na terceira e última questão discursiva, Q7 está transcrita a seguir: “*Ao sair de uma piscina em um dia de vento, sentimos frio. Proponha uma explicação para isso, baseada nos conceitos e mudanças de fase e de trocas de calor*”.

De acordo com as avaliações, analisaremos a seguir algumas respostas dadas pelos alunos. O A11, diz “*Sentimos frio porque nosso corpo perde calor (energia) para o ambiente.*” Aqui, o aluno entende o conceito de calor como uma forma de energia. De acordo com Atkins e Jones (2012 *apud* OLIVEIRA, 2017), o calor é definido como a energia transferida devido a uma diferença de temperatura. Sendo que a energia, na forma de calor, flui de uma região de alta temperatura para uma região de baixa temperatura. Assim, quando se tem um sistema, não isolado termicamente, em uma temperatura mais baixa que a da vizinhança, a energia flui da vizinhança para o sistema. Se energia na forma de calor entra em um sistema, ocorre um aumento na energia interna do sistema. Já se energia sai do sistema, tem-se um abaixamento de sua energia interna. Já o aluno A6 responde: “*Nosso corpo se adapta com a temperatura da água, ao sairmos da piscina a temperatura diminui, e sentimos frio*”. O A6 responde em termos de diferença de temperatura entre o corpo e a temperatura da água. Assim, de acordo com Lorenzoni (2014), as palavras calor e temperatura são usadas no cotidiano para relatar as sensações causadas ao tocar em diferentes objetos ou ao entrar em contato com ambientes diferentes. Essas e outras palavras utilizadas pelo senso comum

muitas vezes não têm o mesmo significado nos termos científicos, sendo, portanto, de fundamental importância o aprendizado por parte dos alunos da diferenciação entre a linguagem cotidiana e a linguagem científica.

O A7 escreveu a seguinte resposta: *“Ocorre isso porque a uma troca de calor entre o corpo quente e o vento frio é como você jogar acetona na sua mão vai ficar gelada é um processo endotérmico”*. A9 respondeu: *“Ao sairmos da piscina molhado e bate o vento consumismo o calor (endotérmico) quando o vento bate liberamos o calor e sentimos frio.”* A3, *“Quando saímos da piscina as gotas de água presente em nosso corpo em contato com o vento baixa a temperatura ambiente assim sentimos frio”*. Aqui, os alunos A3, A7 e A9 responderam embasados nos conceitos de liberação e absorção de calor, conquanto, Lorenzoni (2014) diz que os significados dos termos frio e quente na linguagem científica relacionam-se à comparação da temperatura de dois ou mais sistemas. A temperatura mais baixa corresponde ao frio e a mais alta ao quente.

O aluno A10 respondeu: *“Pois o vento está liberando frio para o corpo”*, ou seja, o aluno caracteriza que o vento é “frio” para explicar a questão.

Foi possível constatar, nas anotações realizadas após as aulas e com a análise aqui realizada, que a sequência inicial de aulas não foi eficiente aos alunos, pois não valorizou suas experiências cotidianas para explicar, por exemplo, fenômenos exotérmicos e endotérmicos. A partir do que os alunos trouxessem com suas experiências, partiria para uma discussão acerca do conteúdo proposto. Poderia trazer também experiências demonstrativas de forma articulada aos conteúdos de Termoquímica. Foi possível verificar também que outras metodologias, como vídeos, Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) e animações, que, de acordo com a descrição da escola, há a possibilidade do uso destas ferramentas, poderiam facilitar a aprendizagem de alguns conceitos abstratos. Além disso, compreende-se que alguns conceitos poderiam ser mais bem trabalhados, articulando os aspectos cinético-moleculares em detrimento à ênfase empregada na experiência anterior aos aspectos matemáticos dos fenômenos. Nesse sentido, os alunos podem ser levados a participar ativamente das aulas e compreendam os conceitos termoquímicos, associando-os a situações de sua vivência.

### **Análise da nova sequência didática**

Segue a nova sequência didática realizada no terceiro bimestre de 2018. Foram descritas e analisadas as treze aulas.

#### *Aula 01 – Introdução ao conteúdo de Termoquímica*

A primeira aula do bimestre começou com a atividade experimental utilizando blocos de madeira e metal (Figura 4). Mostrei para os alunos os blocos e pedi para que os tocassem e percebessem a sensação. Expliquei que foi feito um furo para colocar o termômetro neles para medir a temperatura, enquanto outro professor me ajudava a instalar o data show para mostrar o vídeo. Perguntei aos alunos o que eles sentiram quando tocaram o material: disseram-me, primeiramente, que era mais pesado que o outro. Então, novamente perguntei em relação à sensação de “quente e frio”. Falaram que a madeira é quente. Um aluno indagou em relação à minha colocação se poderia ser só quente ou frio; outros alunos disseram que o metal já estava quente. E14: *“Ele já estava quentinho!”*.



*Figura 4: blocos de metal e madeira usados na atividade experimental*

Um aluno disse que, porque passou de mão em mão, o metal acabou ficando quente. Aproveitei a fala dele para questionar a turma sobre como estaria o metal se os materiais de madeira e metal, quando deixados fora do contato com as mãos, em temperatura ambiente, depois de certo tempo. Responderam-me que estaria frio. Então, pedi para que eles tocassem a “perna” da mesa em que estavam sentados e percebessem

a sensação, pois a “perna” da mesa é de metal. Falaram-me que a sensação era de frio. Mas continuei indagando-os, perguntando por que uns sentiram que o metal estava quente. O aluno E5 respondeu que era por causa da troca de calor e da temperatura ambiente. A aluna E14 respondeu que é por causa de uma transferência de calor.

Diante das respostas dadas pelos alunos, intrigou-me como as respostas foram dadas. Então, ao conversar com o professor de Física da escola, ele falou que havia lecionado Termodinâmica no bimestre passado, ou seja, no 2º bimestre. Associei as respostas dos alunos ao estudo feito antes pelo professor de Física. Perguntei sobre as palavras quente e frio novamente, com o intuito dos alunos chegarem a uma definição sobre calor. Perguntei o que definiria o que é quente e o que é frio. Um aluno falou que era a temperatura.

Continuei a aula sobre a sensação que tiveram ao tocar os blocos e comentei que o metal e a madeira estavam mais quentes em função dos alunos terem tocado os materiais; o aluno E14 respondeu novamente que havia transferência de calor. Nesse momento, a ideia era apresentar um termômetro de laboratório para os alunos e verificar a temperatura dos blocos. Entretanto, a escola não possuía termômetro e, naquele dia, não foi possível encontrar onde pudesse comprá-lo para apresentar à turma. Então, perguntei a eles se calor e temperatura tinham a mesma definição. Os alunos responderam que não. O aluno E16 disse que temperatura era uma medição. Como eu havia levado um termômetro clínico, não daria para fazer a medição da temperatura, então, nesse momento, expliquei a diferença entre um termômetro clínico e o termômetro usado em laboratórios. De acordo com Lima (2012), a maioria dos termômetros baseia-se no processo de dilatação dos líquidos contidos em seu interior – como o mercúrio e o álcool. A determinação da temperatura é feita a partir da variação do volume ocupado pelo líquido quando o termômetro é aquecido ou resfriado. Assim, os termômetros clínicos são utilizados na medição da temperatura do corpo humano, e são construídos para medir temperaturas entre 34°C e 43°C, que são consideradas temperaturas críticas, pois a temperatura do corpo humano considerada normal é 36,5°C. Já os termômetros de uso em laboratórios, como termômetro a álcool, possuem escala entre -10°C e 150°C. É também usado em residências, para verificar a temperatura ambiente. Alguns termômetros desse tipo utilizam corantes vermelhos, possuindo um custo mais baixo que o de mercúrio, e, além disso, são menos prejudiciais à nossa saúde, pois o mercúrio é um metal tóxico e um dos seus efeitos colaterais é a doença renal.



Figura 5: Termômetros: a álcool e clínico.

Novamente perguntei: “*Os blocos possuem a mesma temperatura?*” Disseram que não, mas alguns ficaram em dúvida e disseram que sim. Fiz novamente a pergunta: “*A madeira e o metal estavam na mesma temperatura?*” Todos responderam que não. Deixei para desvendar o “mistério” quando eu trouxesse o termômetro. Como eles falaram que os blocos não estavam na mesma temperatura, eu expressei: “*A madeira estava em uma temperatura maior?*” A E20 disse que não estavam na mesma temperatura, pois a madeira absorvia mais energia. E29 disse que são materiais diferentes, assim, cada um possui temperatura diferente. Nesse momento, foi possível verificar que o aluno E29 apresenta uma concepção semelhante ao identificado por Silva (1995), que afirma que existe entre os alunos uma tendência em compreender a temperatura como uma propriedade específica dos materiais, em que o calor e o frio são propriedades dos corpos quentes e dos corpos frios, desconsiderando a ideia de equilíbrio entre os corpos e o ambiente.

Entrei novamente buscando elaborar junto aos alunos a diferenciação entre temperatura e calor. E16 afirma que temperatura é uma medição e E25 complementou que era uma medição de energia. O aluno E14 disse que temperatura era uma movimentação dos átomos. Como não havia comentado sobre o assunto, as respostas dadas surpreenderam-me, devido ao fato de novamente o professor de Física ter lecionado Termodinâmica no bimestre passado. Escrevi o que eles definiram na lousa. Perguntei, então, o que era calor e falaram-me que era transferência de energia. Outro aluno disse que calor é uma mudança de temperatura. Voltei a falar sobre os blocos de madeira e metal, lembrei que, nas impressões que tiveram no início, a madeira seria

quente e o metal seria frio. Então, falei que a questão de quente e frio tem a ver com a temperatura.

Na sequência, lembrei um conceito trabalhado nas aulas de Física: a Termodinâmica. Comentei que, provavelmente, o professor de Física deveria ter mencionado como que se calcula o calor e que a quantidade de calor era simbolizada por Q. Achei importante relacionar o que estava explicando com o que os alunos viram nas aulas de Física, pois, em outras aulas, vi que o professor havia deixado na lousa atividades relacionadas ao cálculo da quantidade de calor, pela expressão  $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$ .

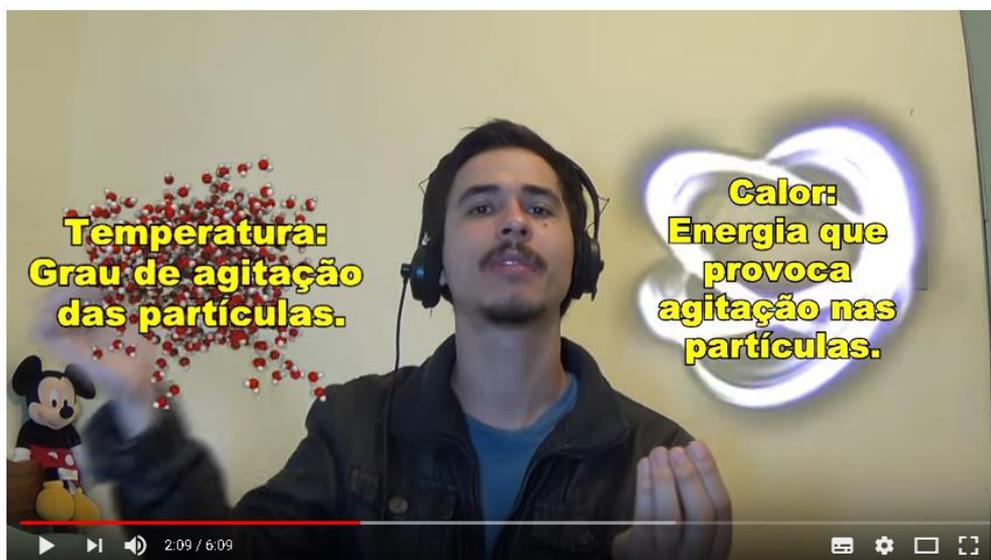


Figura 6: Imagem de uma cena da videoaula: Calor, temperatura e calorias. O que é o quê?

Falei que não estava oferecendo conceitos prontos e acabados, e quis mostrar para eles a construção dos conceitos a partir das ideias de calor e de temperatura apresentadas por eles. Posteriormente, eles assistiram ao vídeo “Calor, Temperatura e Calorias. O que é o quê?”, do canal Universo Físico, disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=qzPr8pJ1fnA> (Figura 6). Parei o vídeo aos três minutos e cinquenta e seis segundos para fazer uma discussão sobre calor e temperatura e eles notaram que não possuem o mesmo conceito e, que, segundo o vídeo, nosso corpo é um péssimo termômetro.

Voltei à questão dos blocos e perguntei o que eles achavam agora. E5 respondeu que: “Eu fui enganado!”. A turma ri. E23 diz: “Os blocos estão na mesma temperatura”. E29 diz que os blocos não estão na mesma temperatura. Para tirar essa

dúvida, falei que precisaríamos de um termômetro e que em outra aula levaria o aparelho.

Continuaram a assistir ao vídeo em que falava sobre calorias. Escrevi na lousa que calorias é uma unidade de calor, e que existe outra unidade de calor que é medida em Joules (J). Como o tempo da aula estava acabando, falei para eles que na próxima aula escreveria os conceitos de calor e temperatura, mas que no vídeo os conceitos foram definidos.

Analisando essa aula, considero que a participação dos alunos na construção dos conceitos de calor e temperatura surpreendeu-me, pois os blocos de madeira e metal foram chaves para iniciar uma boa discussão sobre esses conceitos, refletindo um pouco mais sobre como os alunos veem a sensação de quente e frio, pois associam essa sensação com a composição do material. O vídeo foi um diferencial na finalização dos conceitos de calor e temperatura, e, na opinião dos alunos, esclareceu sobre a discussão inicial das temperaturas dos blocos de metal e madeira. De acordo com Rosa (2004), a construção do conhecimento na sala de aula é função de um processo comunicativo de negociação social, por intermédio do qual os significados e a linguagem do professor são apropriados pelos estudantes na construção de um conhecimento compartilhado [...] Tal premissa contrapõe radicalmente a concepção tradicional de ensino.

Considero que a aula foi totalmente diferente do que geralmente fazia quando trabalhava os conceitos de Termoquímica, pois, em minhas aulas anteriores e no planejamento, apresentado no Apêndice 1, não entro com os conceitos de calor e temperatura, apenas entro direto com o conceito de entalpia.

#### *Aula 02 – Conceitos de calor e temperatura*

Nessa aula, retomei os conceitos de calor e temperatura. Pedi aos alunos que guardassem o material para que eles respondessem às questões discursivas e sem consultar nenhum material envolvendo os conceitos de calor e temperatura. Enquanto eles respondiam às questões, foi possível verificar, enquanto eu circulava pela sala de aula, que eles estavam com dificuldades em responder à questão de número 3. Então, depois que todos terminaram de responder, comecei discutindo essa questão. Em seguida, perguntei se algum aluno gostaria de falar sua resposta. O aluno E27 respondeu: *“É porque no frio o nosso corpo precisa de mais energia para se aquecer, por isso, comemos e sentimos mais fome”*.

Questões propostas:

- 1- Se uma bebida está muito gelada e você deseja tomá-la o mais fria possível, qual seria o copo mais adequado para servi-la: vidro ou de alumínio? Por quê?
- 2- Existe erro na frase: “Esse casaco de lã é muito quente?” Explique.
- 3- Por que sentimos mais fome em dias mais frios do que em dias de muito calor?
- 4- Qual a diferença entre calor e temperatura?

O aluno E25 respondeu: *“Porque o corpo usa mais energia para controlar a temperatura do corpo”*. Aqui, abrimos uma discussão em sala, porque, segundo o aluno, nosso corpo precisa de calor para manter-se aquecido, e que essas calorias são fornecidas por meio dos alimentos. Reforcei que caloria é uma unidade de medida de calor, como vimos na aula anterior. Segundo eles, o professor de Física havia falado sobre calor e unidades de calor, no conteúdo de Termodinâmica, mas foi possível constatar que ainda tinham dúvidas sobre a diferença dos conceitos de calor e temperatura.

Fiz esse paralelo com a Física, para que eu pudesse falar sobre a Termoquímica, que é um ramo da Termodinâmica que estuda os processos de calor nas reações químicas. Por isso, introduzi, primeiramente, os conceitos de calor e temperatura. Foi possível verificar que alguns alunos ainda não entenderam esses conceitos. Perguntei se existe o conceito de quente e frio. Um aluno respondeu que não. Então, falei que o que existe na realidade é que um corpo está em uma temperatura mais elevada – a que normalmente referimo-nos como quente, quando comparamos com outra que está em uma temperatura mais baixa – que consideramos como frio. Entramos em outra discussão de que, em regiões muito frias, nosso corpo precisa de energia para manter aquecido o tempo todo; logo, utilizamos agasalhos e outras roupas. Alguns alunos comentaram que sentimos frio nas partes do corpo que ficam de fora do agasalho, como orelhas, nariz, mãos e pés. E, dependendo da exposição em temperaturas muito baixas, pode-se correr o risco dessas regiões do corpo congelarem e podem até “quebrar”. De acordo com Lima (2012), o homem precisa liberar calor em quantidade suficiente, para que sua temperatura interna mantenha-se em torno dos 37 °C (homeotermia) com limites muito estreitos entre 36,1 °C e 37,2 °C - sendo 32 °C o limite inferior e 42 °C o limite superior para sobrevivência, em estado de enfermidade. Então, a necessidade de agasalhos em dias frios é necessária. Assim nas palavras de Lima (2012), se as

condições térmicas ambientais causam sensação de frio ou calor, é porque o organismo está perdendo mais ou menos calor necessário para homeotermia, o que só será conseguido com esforço adicional, que representa sobrecarga, com queda de rendimento no trabalho e até problemas de saúde.

Próximo ao final da aula, houve interesse de outra aluna em querer discutir a questão número 1. Li novamente a pergunta, questionando qual o melhor copo para servir uma bebida gelada. Segundo o aluno E25: *“O copo de vidro, porque pode suportar uma temperatura mais baixa sem congelar, sendo possível segurar o copo sem congelar sua mão”*. Mas segundo o E16: *“Seria o copo de alumínio, pois ele conserva a bebida”*. E14 comentou: *“O copo mais adequado seria o de alumínio, pois o material dele em contato com a temperatura ambiente, leva uma certa retardação para transferir a energia de seu corpo com a do ambiente. Já o copo de vidro, entre eles, é mais rápido nesse processo”*. Estavam muito curiosos para saber qual seria minha resposta, já que muitos falaram que seria o copo de alumínio. Aqui, entrei novamente para explicar o conceito de calor, pois eles afirmavam que o copo de alumínio conservava melhor a bebida. Então chegaram à conclusão de que o copo de alumínio não era o ideal para conservar a bebida mais fria, pois o material transferia o calor do ambiente para a bebida mais rapidamente.

Fazendo uma reflexão sobre essa aula, verifiquei que as questões nortearam todo o processo de discussão em relação aos termos “quente” e “frio” e, posteriormente, sobre os conceitos de calor e temperatura seriam usados para responder às questões propostas. A aula tornou-se dinâmica com a participação de todos em responder também oralmente às questões propostas. Portanto, segundo Quadros e colaboradores (2015), ao estabelecer relações nas situações de ensino, o professor cria condições para que o aluno aproprie-se do conhecimento científico, pois “as interações discursivas são consideradas como constituintes do processo de construção de significados”.

#### *Aulas 03 e 04 - Energia de ligação*

Pedi aos alunos que montassem grupos para começar a atividade proposta. Entreguei a cada grupo uma folha em branco para que eles escrevessem a equação química: molécula de etileno mais a molécula de gás cloro (Figura 7), e disse que iríamos estudar Energia de ligação. Falei que faríamos uma recordação sobre ligação química. Perguntei a eles por que tínhamos que lembrar-nos de ligação química para

entender as reações químicas. Segundo E20: “*Ligações de elementos, ué!*” E, E5: “*Através da ligação dos elementos acontece à reação*”. Voltei com equação escrita na lousa, representando a reação entre o etileno e gás cloro, e perguntei qual o nome do primeiro membro da equação - as substâncias iniciais, pois minha intenção era que pensassem sobre os produtos da reação.

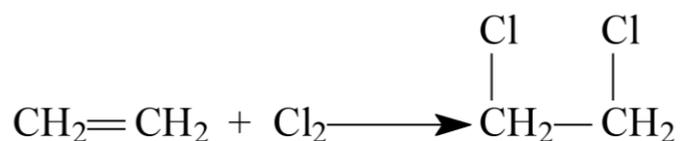


Figura 7: Equação representativa da reação entre o eteno e o gás cloro, formando 1,2-dicloroetano

Os alunos não sabiam responder-me, no primeiro momento da aula, o nome do primeiro membro da equação; alguns responderam que era reação molecular. Mas insisti, até que uma das alunas falou que eram os reagentes. Quando se faz perguntas sobre o que eles sabem, fica mais interessante tentar explicar o conteúdo, ou seja, a partir dos conhecimentos já consolidados. Depois de mostrar aos alunos como as reações químicas são formadas, ou seja, reagentes e produtos, pedi que cada um dos grupos pensasse nas substâncias obtidas por meio das substâncias iniciais.

Nesse momento, entrei recordando ligação química, no caso ligação covalente, pois alguns alunos já haviam identificado. Perguntei o que eles entendiam sobre a ligação covalente, um aluno respondeu que era compartilhamento de átomos. Corrigi e disse que era compartilhamento de elétrons. Retomei sobre os elétrons da camada de valência dos átomos participantes de cada molécula dos reagentes: carbono, hidrogênio e cloro. Houve também o momento em que falamos sobre a regra do octeto, para identificar que o traço representado era uma ligação envolvida nas moléculas. Depois que falamos sobre ligação química, deixei que os alunos pensassem sobre o produto obtido. Entreguei jujubas com cores diferentes e palitos, para que montassem as moléculas dos reagentes e do produto obtido. Combinamos que jujubas de cor vermelha seriam os átomos de hidrogênio, jujubas de cor amarela representavam os átomos de carbono e jujubas de cor roxa, átomos de cloro. Os palitos representam as ligações químicas. Nesse momento da aula, um dos alunos disse-me que seria a fórmula estrutural da molécula a ser construída no produto.

Enquanto os alunos tentavam construir as moléculas, compreendi que essa dinâmica da aula fora bastante produtiva, pois havíamos lembrado o conteúdo sobre ligações químicas, e vi que os grupos estavam bastante empolgados em participar e tentar acertar a estrutura da molécula obtida no produto da reação química.

Analisando as moléculas representadas pelos grupos, compreendi que alguns alunos tinham dificuldades em construir as moléculas do produto da reação química proposta, quando novamente intervi para esclarecer, mas verifiquei que a aprendizagem nesse momento foi muito satisfatória, pois envolveu conceitos sobre os rearranjos dos átomos para a formação de uma nova substância.

Apesar de que nenhum dos grupos conseguira construir a molécula do produto obtido da reação química proposta, como pode ser verificado na figura 8, compreendi que o objetivo da aula havia sido alcançado, uma vez que os alunos conseguiram lembrar a ideia de ligação química e pensar a reação como um rearranjo dos átomos.

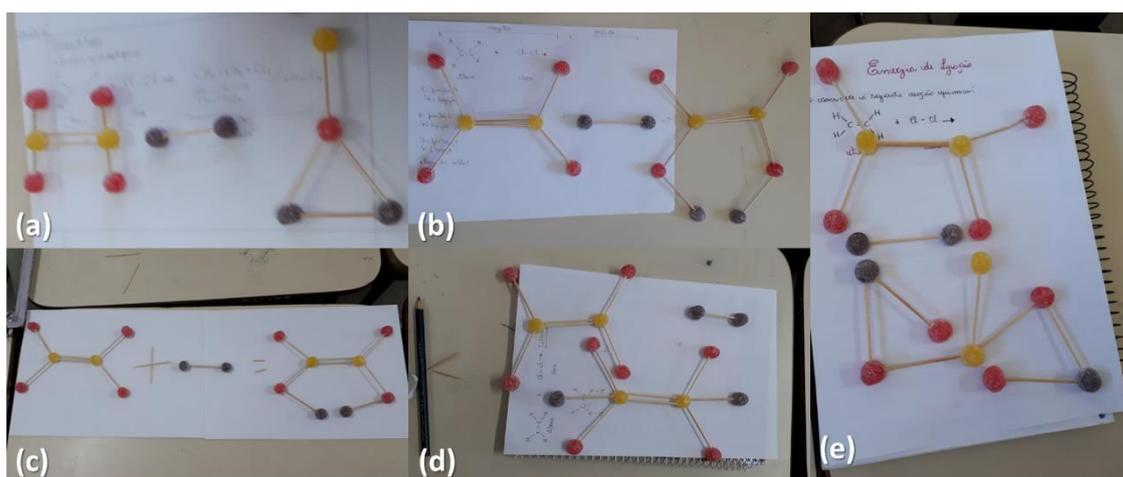


Figura 8: Representações feitas pelos alunos para o resultado da reação entre o eteno e o gás cloro, formando 1,2-dicloroetano.

Nas representações da Figura 8, foi possível constatar que três grupos (b), (c) e (d) não compreenderam que a dupla ligação existente no reagente é rompida quando forma-se o produto. O grupo (a) não se atentou ao fato de que todos os átomos dos reagentes deveriam ser rearranjados para formar o produto, já que utilizaram um número menor de jujubas para representar a molécula do produto do que as utilizadas para os reagentes. Os grupos (b), (c) e (e) não consideraram que o átomo de hidrogênio faz apenas uma ligação; logo, os átomos de cloro deveriam ligar-se aos átomos de carbono. A identificação desses erros, nesse momento da aula, foi importante para

verificar a necessidade de novas intervenções. É importante que os professores verifiquem a necessidade de revisar conteúdos-chaves para compreensão do novo conceito, buscando evitar que se acumulem concepções errôneas e facilite o entendimento do que será trabalhado. Como a dinâmica da aula ocupou o tempo da aula, a discussão sobre a montagem das moléculas ficou para o próximo encontro.

No dia seguinte, como combinado com a turma, na aula, faríamos a discussão sobre a reação química proposta na aula anterior. Relembramos a reação química entre o etileno e gás cloro. Acrescentei que existem outras reações químicas que poderíamos fazer. Relembrei que o conteúdo que estava sendo proposto era Energia de Ligação.

Escrevi na lousa a equação química proposta para iniciar o estudo da energia de ligação. Perguntei, então, o que os alunos entendem quando pensam em energia de ligação. E5 disse: *“Sem energia não faz ligação, porque precisa de uma quantidade de energia”*. E20: *“O tanto de ligações é o tanto de energia que a gente precisava...”*.

Para iniciar a explicação, utilizei como exemplo a representação que o grupo (c) – Figura 8 – fez quando ligou os átomos de cloro ao hidrogênio. Lembrei-os da regra do octeto, em que o hidrogênio só poderia fazer uma ligação. Então, os alunos chegaram à conclusão de que o átomo de cloro deveria ligar-se diretamente ao átomo de carbono. Continuando a reflexão, questionei se o cloro ligado ao carbono seria possível continuar com a ligação dupla que existia na molécula do reagente. Segundo eles, não. Nesse ponto, foi possível constatar que os alunos compreenderam que o rearranjo dos átomos para formar o produto envolvia o rompimento e o estabelecimento de novas ligações. Comentei com a turma que, para romper estas ligações, seria necessária uma certa quantidade de energia. Então, expliquei que a energia utilizada para romper as ligações nos reagentes e consumidas nos produtos estavam na forma de calor - entalpia. Falei que na próxima aula continuaria com a explicação da energia envolvida nas reações químicas e mostraria como é possível calcular essa energia nos processos químicos.

Conforme prometido, levei o termômetro que havia adquirido para fazer a medição da temperatura nos blocos de madeira e metal. Entramos novamente na discussão do “quente” e “frio”, pois, para a maioria dos alunos, o bloquinho de metal era “frio” e o bloquinho de madeira “quente”. Deixei o termômetro nos blocos para que depois verificassem a temperatura dos dois. Relembrei que o aluno E25 disse naquela aula que o bloquinho de metal tinha uma temperatura menor em relação ao bloquinho de madeira, para que depois ele viesse verificar a temperatura e tirar suas conclusões. Vários alunos foram verificar a temperatura dos blocos e disseram-me que estavam a

uma temperatura de 23 °C. O aluno E10 perguntou-me se colocássemos os blocos em outro ambiente que não fosse a sala de aula, se a temperatura iria mudar. Chegaram à conclusão de que a temperatura dos blocos não havia mudado, e que estavam na temperatura ambiente. Expliquei, então, que o metal e a madeira possuem calores específicos diferentes e que, por isso, o metal transfere calor mais rapidamente que a madeira.

Na lousa, escrevi que a energia de ligação, variação da energia nas reações químicas, depende da diferença entre as ligações químicas rompidas nos reagentes e das ligações químicas formadas nos produtos. Expliquei que nos reagentes há absorção de energia (processo endotérmico) e nos produtos ocorre a liberação de energia (processo exotérmico). Falei também que iríamos calcular a energia envolvida nas reações químicas e que os valores de energia de ligação são obtidos experimentalmente e podem ser encontrados em tabelas. O outro exemplo de reação química dado foi:  $\text{CH}_3\text{I}_{(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(g)} \rightarrow \text{CH}_3\text{OH}_{(g)} + \text{HI}_{(g)}$ . Fizemos outra discussão acerca dessa reação química, e notei que eles entenderam que as ligações entre os átomos foram rompidas e formadas na reação exemplificada. Considero que trazer outros exemplos ajuda na aprendizagem do conteúdo proposto.

Então, na próxima aula, disse que entraríamos com o conteúdo de Entalpia e Reações endotérmicas e exotérmicas.

Quando o professor traz elementos que inova as aulas, como foi no meu caso dos blocos de metal e madeira, os termômetros de laboratório e o clínico, a proposta de se montar uma reação usando jujubas e palitos foi possível verificar que esses recursos facilitam a aprendizagem dos alunos, além de tornar a aula mais dinâmica e participativa. Verifiquei que os alunos tornaram-se protagonistas em diversos momentos da aula, e que meu papel passou a ser o de fazer a mediação nos processos de ensino e de aprendizagem do conteúdo abordado. Segundo Alarcão (2005), um dos requisitos para que o professor torne-se um educador reflexivo é reconhecer que todo indivíduo é dotado de criatividade, não devendo ser um reproduzidor de ideais prontos e de forma acrítica. O professor que não reflete sobre a sua prática criticamente não consegue fazer com que os estudantes assumam uma postura crítica e reflexiva sobre o conhecimento científico posto em sala de aula.

### *Aula 05 – Entalpia e Reações exotérmicas e endotérmicas*

A aula começou com uma pergunta para a turma: *“Ao sair molhado em local aberto, mesmo em dias quentes sente-se uma sensação de frio. Por quê?”*. Dei um exemplo de que quando você está tomando banho e esquece a toalha, ao sair do banheiro para ir pegá-la, tem-se uma sensação de frio. Alguns alunos concordaram, mas outros trouxeram exemplos parecidos, como a aluna E32: *“Se eu estou tomando um banho quente e saio, meu corpo continua quente.”* Continuei com outro exemplo, *“Vamos supor que vocês entraram em uma piscina, ao sair molhado, o que acontece com a água no seu corpo?”* Falaram que a água irá evaporar. *“Para a água evaporar, o que acontece?”* O aluno E6 diz: *“O vento bate.”* Voltei a falar novamente nos conceitos de calor e temperatura com eles. Citei outro exemplo, quando comparo o nosso corpo com outro objeto eles não possuem a mesma temperatura. Entramos, então, na questão da temperatura do nosso corpo. Perguntei qual a temperatura do nosso corpo. Falaram 36 °C. Perguntei se a temperatura do corpo humano iria variar de acordo com a temperatura ambiente. Alguns responderam que sim, ou seja, não compreendiam que o nosso corpo mantém uma temperatura constante, com exceção dos casos febris.

Fizemos toda a discussão em torno da temperatura do corpo humano e retornei à pergunta inicial. Na questão da evaporação da água, falaram-me que envolvia a passagem do estado líquido para o estado gasoso. Então, a água que está em contato com o nosso corpo precisa absorver energia proveniente do calor do corpo para fazer a mudança de estado físico. Falei para eles que minha intenção de a aula começar com uma questão-problema para chegar ao conteúdo proposto era sobre Entalpia, Variação de entalpia em reações endotérmicas e exotérmicas.

Fizemos a leitura da folha fotocopiada (Apêndice 4) e entreguei uma para cada um dos alunos e, em seguida, expliquei o conteúdo, onde estava descrito conceitos importantes como o de Entalpia (H) e Variação de entalpia ( $\Delta H$ ). Quando estávamos analisando a equação para cálculo da variação da entalpia, E5 perguntou: *“Professor, se o produto vem depois dos reagentes por que ele está escrito antes?”* respondi: *“Porque se trata de uma variação, igual como se calcula uma variação de temperatura, o final pela diferença do inicial”*.

Ao explicar os diagramas propostos da folha, E5 novamente intervém fazendo uma observação: *“Pra gente perceber um do outro, quando estiver descendo ou subindo, a gente pode falar que é endotérmico e exotérmico”*. Aqui, o aluno evidenciou as setas que representavam a perda ou o ganho de energia por meio das setas presentes

nos diagramas diferenciando reações exotérmicas e endotérmicas. Na explicação sobre reações endotérmicas e exotérmicas, o sinal algébrico do  $\Delta H$  pode identificar o tipo de reação. E29: “*Só pelo sinal*”.

Sendo uma aula realizada com poucos recursos, como a lousa e fotocópias para explicar o conteúdo, verificou-se que poderia melhorar a didática utilizando mais recursos para explicar entalpia e reações exotérmicas e endotérmicas. Observei que a turma compreendeu os conceitos da variação de entalpia nas reações endotérmicas e exotérmicas, relacionando com o sinal algébrico da  $\Delta H$ , pois os alunos evidenciaram pelos diagramas o sentido da seta indicando também a classificação das reações.

#### *Aulas 06 e 07 – Resolução e correção de exercícios*

Aula destinada à resolução de exercícios retirados do livro “*Química cidadã*”, volume 2, da editora AJS, para que a turma resolvesse e tirasse as dúvidas envolvendo os conteúdos sobre o conceito de calor, variação de entalpia e processos endotérmicos e exotérmicos. Os exercícios propostos foram: números 16, 18 e 19 da página 255; números 20, 21, 22 e 23 da página 271. Fiz a leitura das questões para auxiliá-los. Expliquei, nas passagens de estado, quais eram endotérmicos e quais eram exotérmicos, para tentarem responder à questão número 21, da página 271. Foi possível verificar que as principais dúvidas dos alunos durante a resolução dos exercícios estavam relacionadas ao significado do sinal algébrico da variação de entalpia e à interpretação da equação termoquímica. O aluno E18 teve dúvida no item “6” do exercício número 18 da página 255. A confusão do conceito de calor e temperatura, associando a algo “quente” sobre como os esquimós, mesmo estando em regiões frias, poderiam manter-se aquecidos.

Portanto, essa aula foi importante para verificar as dúvidas que os alunos apresentaram durante a resolução de exercícios, para que o professor possa constatar onde a aprendizagem está ocorrendo, de fato, nas aulas, ou em que partes do conteúdo podem dar mais atenção às explicações em sala de aula, melhorando sua metodologia.

No dia seguinte, a aula foi destinada à correção dos exercícios propostos na aula anterior, na qual houve a participação da turma. À medida que corrigia os exercícios, fazia algumas anotações na lousa a pedido dos alunos.

Considero que essa foi uma aula importante por relembrar os conceitos já trabalhados em aulas anteriores. Os alunos não tiveram muitas dificuldades em responder

às questões propostas, com exceção da questão de número 21 da página 271, pois, aqui, foi possível verificar que não sabiam que o estado de agregação de uma substância corresponde a um valor maior ou menor de entalpia. A resolução das questões de número 16 e 18 da página 255 foi importante, pois possibilitou trabalhar os conceitos de calor e temperatura. De modo geral, os alunos compreenderam os conceitos de calor e temperatura e souberam diferenciá-los.

#### *Aula 08 – Lei de Hess*

Nessa aula, trabalhamos o conteúdo sobre a Lei de Hess. Havia pedido na aula anterior que os alunos trouxessem o livro didático, pois não era de costume trabalhar com o livro. Em um momento da aula, a aluna E32, perguntou-me se podíamos fazer a atividade experimental: Decomposição da água oxigenada, proposta na página 67, do livro Ser protagonista, volume 2. Respondi que se tivéssemos aulas suficientes para trabalhar, iríamos fazê-lo. É uma atividade interessante que o professor poderá incluir em seus planejamentos futuros, pois os materiais utilizados no experimento são de fácil aquisição.

Na página 65 do livro Ser protagonista, fizemos a leitura sobre a Lei de Hess juntamente com explicação e exemplo dado pelo livro. O livro traz o enunciado da Lei de Hess, mas explica em apenas uma página a lei, dificultando, portanto, a compreensão dos alunos, sendo que aqui o professor poderá complementar utilizando exemplos como a obtenção do grafite e o diamante podem ser obtidos independentes das etapas de obtenção. Também poderia utilizar diagramas para explicar que, segundo a Lei de Hess, a variação de energia vai depender da diferença entre os estados inicial e final. Não possui analogias para melhor exemplificar o texto. O exemplo dado sobre a aplicação da lei foi verificado de fácil compreensão, pois mostra passo a passo a aplicação da Lei de Hess.

Fiz uma observação sobre os coeficientes estequiométricos presentes nas equações, pois eram importantes na soma das equações intermediárias chegando-se à equação-problema proposta no exemplo dado pelo livro. O aluno E35 perguntou: *“Professor, então para descobrir o resultado de dois carbonos grafita mais dois hidrogênios, tenho que fazer as três equações e somar os delta H delas três?”* Respondi: *“Das três, é o que a Lei de Hess vai dizer!”* E20 disse: *“Como eu vou saber*

*qual é a equação-problema?” Respondi: “Quando pede para calcular o  $\Delta H$  da reação, e te dá o valor das equações intermediárias.”*

Houve mais perguntas sobre como trabalhar às equações intermediárias para se chegar à equação-problema. Segundo um aluno seria sempre desse jeito, ou seja, que as equações intermediárias sempre seriam invertidas e multiplicadas por um número. Expliquei que dependeria do tipo de equação; que esse raciocínio valia apenas para o exemplo proposto pelo livro, mas em outras equações-problema teríamos que analisar as equações intermediárias e verificar quais seriam os ajustes necessários.

No caso, o livro didático usado ajudou bastante, pois assim não era preciso escrever todo o conteúdo na lousa como geralmente faço. Compreendi que aula sobre a Lei de Hess foi importante pelo fato de as equações intermediárias serem a chave da solução. Os alunos constataram a necessidade de verificar a posição das espécies nos reagentes e nos produtos, a inversão destes e a multiplicação para acertar os coeficientes estequiométricos.

#### *Aulas 09, 10 e 11 – Resolução de exercícios em sala de aula*

Aula de exercícios em sala. Pedi aos alunos que resolvessem as questões do livro Química Cidadã, números 24 e 26 da página 271; número 28 da página 272, referentes aos processos endotérmicos e exotérmicos; número 37, página 272; número 46, página 273; números 49 e 51, página 274, referentes à entalpia-padrão e Lei de Hess. Deixei que fizessem nessa aula e aproveitassem para tirar dúvidas. Já na questão de número 24, discutimos qual alternativa estaria correta. Essa questão tratava sobre os aspectos energéticos nas transformações químicas, ou seja, qual processo exemplificaria corretamente um processo exotérmico ou endotérmico. Na questão, a de número 26, houve dúvidas em relação ao fato de a entalpia dos reagentes ser maior que a entalpia dos produtos nas reações exotérmicas.

A questão de número 37 pedia para calcular a entalpia da reação; discutimos como faríamos o cálculo, pois na questão não havia sido dada a entalpia do oxigênio ( $O_2$ ). Expliquei que, como trata-se de uma substância simples, possui entalpia igual a zero. Nessa questão, os alunos queriam aplicar a Lei de Hess. Aqui, verifiquei que eles não sabiam diferenciar o tipo de exercício que bastava realizar o cálculo da variação de entalpia e, quando necessário, aplicar a Lei de Hess. A questão de número 51 era de múltipla escolha envolvendo a Lei de Hess. Verifiquei a dificuldade dos alunos em

aplicar os procedimentos da lei. Muitos apenas marcavam a alternativa que consideravam correta, sem tentar montar as equações e aplicar os procedimentos da Lei de Hess. Expliquei que era necessário montar as equações para resolver a questão.

Aula de extrema importância, pois trouxe as dificuldades dos alunos em aplicar a Lei de Hess. Identificadas as dúvidas dos alunos, foi possível verificar que, de fato, os exercícios sobre a Lei de Hess são uma parte fundamental do conteúdo de Termoquímica. Portanto, diante das dificuldades constatadas, notei que para a próxima aula era importante dar ênfase à aplicação do conceito da Lei de Hess, assim como sua aplicação.

No dia seguinte, a aula foi destinada à correção dos exercícios propostos na aula anterior. Houve a participação da turma na correção. Fazendo uma observação com as questões que tratavam sobre a Lei de Hess, foi possível verificar que os alunos não conseguiram entender quando se aplicam os procedimentos para se chegar à equação-problema. Talvez a estratégia da aula, na qual foi utilizada a leitura do livro didático, em que houve a explicação, não foi suficiente para a aprendizagem da Lei de Hess. Nesse caso, seria interessante buscar outros recursos pedagógicos para ensinar. Assim, poderia trazer uma aula dialogada e “contextualizar o assunto abordando equações-problemas que trazem reações conhecidas pelos alunos ou que estão próximas do cotidiano dos mesmos, como, por exemplo, a combustão do carbono e a oxidação da glicose” (CASTRO, *et al.*, 2013).

Continuando a aula anterior, nessa aula, pedi que tentassem resolver o exercício número 28 da página 66 do livro *Ser Protagonista*, sobre a Lei de Hess, pois notei que não haviam compreendido o suficiente esse conteúdo. Por isso, achei importante destinar mais essa aula para tirar dúvidas, pois, na próxima, iríamos realizar a atividade avaliativa. O exercício pedia para calcular a  $\Delta H$  da reação:  $\text{CaC}_{2(s)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_{2(g)} + \text{CaO}_{(s)}$ . E, como o tempo foi suficiente, resolvi realizar o experimento que a aluna E32 sugeriu na aula 8, utilizando calorímetros, como proposto na página 67 do livro didático.

Verifiquei, nessa aula, que, mesmo resolvendo novos exercícios, os alunos não compreendiam os procedimentos necessários para aplicar a Lei de Hess, ou seja, inverter ou manter as equações e multiplicar para acertar os coeficientes estequiométricos. Foi possível constatar que eles tinham noção de que, para se chegar à equação-problema, deveriam mexer nas equações intermediárias. A estratégia de deixá-los resolver exercícios em sala é muito válida, pois temos a compreensão da

aprendizagem e das dificuldades que os alunos têm e, com isso, verificar os pontos que precisam melhorar nas próximas aulas.

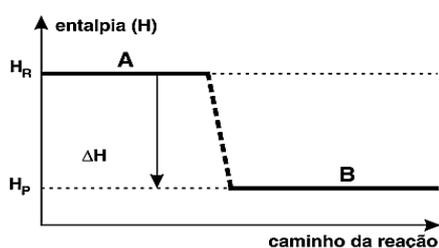
### Aula 12 – Atividade avaliativa

Atividade avaliativa (Apêndice 5) aplicada em sala de aula. Estratégia adotada para compreender o nível de aprendizagem durante o bimestre. Deixei que fizessem em duplas, porque não havia cópias disponíveis para todos os alunos, devido ao limite que a escola permitia. Na sequência, analiso algumas respostas dos alunos. Nessa aula, participaram 28 alunos, organizados em duplas.

Questão 1. Quando uma criança está febril, é prática comum passar no corpo dela um algodão umedecido em álcool. Esse procedimento funciona por quê?

Analisando as respostas, verifiquei que a maioria dos alunos havia respondido sobre os conceitos de calor e temperatura e utilizaram os termos endotérmicos e exotérmicos, como na resposta transcrita de uma das duplas, E20 e E23: “*Esse processo é conhecido como endotérmico. O algodão com álcool quando entra em contato com o corpo febril, absorve a energia ou o calor do corpo, evaporando*”. Os alunos E5 e E22 responderam: “*Esse procedimento funciona porque é uma forma de transferir energia de um sistema a outro como resultado da diferença de temperatura entre eles, ou seja, o álcool evapora absorvendo calor, representando um processo endotérmico*”.

Questão 2. Considere o gráfico a seguir:



De acordo com o gráfico acima, indique a opção que completa, respectivamente, as lacunas da frase a seguir: “A variação da entalpia,  $\Delta H$ , é .....; a reação é ..... porque se processa ..... calor.”

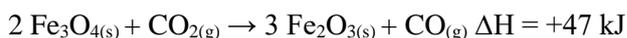
- a) positiva, exotérmica, liberando.                      b) positiva, endotérmica, absorvendo.  
c) negativa, endotérmica, absorvendo.                      d) negativa, exotérmica, liberando.

Das 14 duplas, 5 responderam a alternativa correta – letra c, e 9 duplas responderam letra d. No diagrama, as duplas que marcaram a alternativa d identificaram a reação como exotérmica, ou seja, conseguiram compreender, de fato, o diagrama proposto na questão. Portanto, o conteúdo foi trabalhado na aula 5, os diagramas de reações exotérmicas e endotérmicas e no exercício número 28, da página 272.

Questão 3. Um passo do processo de produção de ferro metálico,  $\text{Fe}_{(s)}$ , é a redução do óxido ferroso ( $\text{FeO}$ ) com monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ).



Utilizando as equações termoquímicas abaixo e baseando-se na Lei de Hess, calcule o valor de “x”:



Nove das doze duplas que fizeram essa questão conseguiram chegar ao resultado esperado aplicando a Lei de Hess. As outras duplas, duas deixaram de responder à questão, por não compreenderem os procedimentos da aplicação da Lei de Hess, e as outras três duplas responderam, mas de forma incorreta. Segundo Marques e Teixeira Júnior (2012), os alunos demonstram não entender o significado da Lei de Hess, não compreendendo a necessidade de inverter-se as equações nem o sinal da  $\Delta H$ . É importante observar que o real entendimento das equações químicas e dos processos a elas atribuídos, no caso, a variação da energia, necessita de uma mediação do professor para serem compreendidos pelos alunos. Auxiliei os alunos que apresentaram dificuldades na resolução dessa questão. Apesar de o professor ter de cumprir as atividades extraclasse, os alunos não comparecem para retirar dúvidas acerca do conteúdo, ficando apenas no horário de aula da disciplina.

### *Aula 13 – Atividade experimental: decomposição da água oxigenada*

Nessa aula, realizamos o experimento proposto pelo livro, da página 67, “Decomposição da água oxigenada” e pedi ao aluno E4 que lesse o roteiro do experimento para a turma, pois o experimento seria apenas demonstrativo, já que não foi possível conseguir materiais suficientes para que todos os alunos participassem.

Como a questão a ser investigada no experimento era determinar se a reação era endotérmica ou exotérmica, questionei os alunos sobre o que era uma reação endotérmica. O aluno E30 respondeu: “*Quando libera calor*”. Já o aluno E23 disse: “*Endo ganha e exo perde*”. O aluno E4 realizou a leitura do procedimento proposto no experimento. Pedi para anotarem a temperatura de início e a temperatura final do sistema. Na Figura 9, encontram-se fotografias de diferentes momentos do experimento realizado com a turma.



Figura 9: Registros dos alunos realizando o experimento da decomposição da água oxigenada.

Então, começamos a fazer a discussão em torno do experimento. Discutimos sobre os equipamentos de segurança no laboratório, sobre o objetivo do experimento e sobre os materiais utilizados, que são de fácil aquisição e custo acessível. Perguntaram-me se havia feito esse experimento e respondi que nunca havia feito. Entenderam que houve uma reação química entre a água oxigenada e o fermento biológico. Perguntei a eles por que a temperatura aumentou. E5: “*Houve a decomposição da água oxigenada*”, baseado no título do experimento. Então reformulei a pergunta: “*O que seria a decomposição da água oxigenada?*”. E20: “*Ela virou vapor, e como não tinha lugar para sair...*” Perguntei: “*Quem virou vapor?*” E20: “*A água oxigenada*”.

Voltei-me para a lousa e escrevi a reação envolvida no experimento, a reação:  $2 \text{H}_2\text{O}_{2(\text{aq})} \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} + \text{O}_{2(\text{g})}$ , mas perguntei a eles qual seria o produto da reação. Responderam que seria energia liberada. Mas reforcei a pergunta: “*Qual seria o produto da reação que fez com que a temperatura aumentasse?*”. Um aluno falou: “*Carbono*”, a ideia de liberação seria o gás carbônico, pois como eles viram que na reação houve liberação de gás, poderiam concluir que o gás liberado seria este. Mas como escrevemos a reação na lousa, pedi que vissem a fórmula da água oxigenada escrita e perguntei se na fórmula tinha carbono. Concluíram que não. Falamos, então,

da energia de ligação nesse momento que as ligações entre os átomos que compõem a molécula da água oxigenada são rompidas para que nos produtos as ligações sejam formadas, constituindo novas substâncias que, no caso da reação, seria o gás oxigênio e a água.

Voltamos a discutir as perguntas propostas pelo livro didático no intuito de fazer conclusões acerca do experimento. Concluíram, então, que a reação era exotérmica. Na outra questão, pedia para calcular a quantidade de calor transferido para a solução. O aluno E35 foi à lousa para calcular por meio dos dados obtidos no experimento.

Quando se realiza um experimento, mesmo que seja demonstrativo, foi possível verificar que o interesse e a aprendizagem aumentam. Mesmo que a escola não possua um laboratório, como é o caso da instituição onde atuo, foi possível constatar a importância de o professor buscar alternativas, como a adaptação de reagentes e materiais, buscando a inserção dessas atividades durante as aulas. O experimento pode contribuir para o trabalho do professor, aumentando o interesse e facilitando a aprendizagem dos alunos em determinados conteúdos, já que a Química é uma Ciência experimental. A participação e o envolvimento dos alunos na realização do experimento mostraram que o experimento pode também servir como uma oportunidade de reforçar conceitos que tenham sido trabalhados em momentos anteriores, pois o professor tem um contato mais direto com a turma, discutindo suas interpretações dos fenômenos. Além disso, como esse experimento foi uma sugestão de uma das aulas, tive a impressão de que a turma teve um interesse ainda maior em realizá-lo.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Analisando os resultados obtidos em 2017, observou-se que os alunos tiveram dificuldades na compreensão dos conceitos ligados ao conteúdo de Termoquímica. Causa provável está no fato de que as aulas planejadas e ministradas não trouxeram inovações ao ensino e à aprendizagem do conteúdo de Termoquímica, que é bastante abstrato e envolve a compreensão de conceitos trabalhados em etapas anteriores, como reação química e ligação química.

Verificou-se, também, a partir da análise do instrumento avaliativo que os estudantes realizaram no final do bimestre de 2017, que as respostas dos alunos evidenciaram suas dificuldades, pois não compreenderam, de fato, os conceitos estudados durante o bimestre. Apresentaram concepções errôneas quando classificaram fenômenos do cotidiano como processos endotérmicos e exotérmicos, assim como dificuldades para compreender outros conceitos que não foram discutidos com eles, como os conceitos de calor e temperatura.

Com a nova sequência didática planejada para o terceiro bimestre de 2018, foi possível verificar que a metodologia empregada contribuiu para que os alunos estivessem abertos para compreenderem os conceitos científicos sobre calor e temperatura com a utilização de objetos, como os bloquinhos de madeira e metal, e de questões norteadoras sobre as concepções de calor e temperatura usados em seu dia a dia, assim como a discussão de exercícios propostos em livros didáticos ajudaram a criar um ambiente de discussão em torno dos termos “quente” e “frio”. Assim, houve uma discussão interessante também sobre o uso de termômetros, aqueles usados em laboratórios e os clínicos, fazendo uma diferenciação entre eles. Esses materiais utilizados nas aulas ajudaram os alunos a constatarem que o instrumento faz a medição de temperaturas de objetos e do próprio corpo humano em condições de estado febril.

Ainda pela sequência didática, o conteúdo de Energia de ligação com a utilização de jujubas contribuiu para compreender a “quebra” das ligações nos reagentes e formações de ligações nos produtos em uma transformação química. Verificou-se que os alunos em atividades diferenciadas, como a construção de moléculas utilizando jujubas, mostraram muito interesse em realizar tal atividade.

As aulas em que foram usadas folhas fotocopiadas sobre o assunto Entalpia e reações endotérmicas e exotérmicas contribuíram para que o professor, com poucos recursos materiais, pudesse trabalhar esses conceitos de forma mais dinâmica e com

otimização do tempo. No entanto, às vezes o professor não possui muitas aulas para avançar com o conteúdo. Aqui, coube ao professor explicar o conteúdo de reações exotérmicas e endotérmicas com exemplos mais próximos da realidade dos alunos, assim como trabalhar com os diagramas de cada reação, seja ela exotérmica ou endotérmica.

O conteúdo da Lei de Hess trabalhado com a leitura desse no livro didático adotado foi possível verificar que a metodologia não foi eficaz na aprendizagem dos alunos. Aqui, o professor poderia usar analogias e trazer exemplos mais próximos do cotidiano dos alunos, não que o livro didático não seja um instrumento que colabore para suas aulas, mas que busque outras formas de ensinar esse conteúdo.

As aulas destinadas à resolução de exercícios e da atividade avaliativa em sala de aula são de grande contribuição para que o professor possa avaliar suas estratégias de ensino. A utilização de exercícios e de uma atividade avaliativa com o intuito de rever os conceitos abordados em aulas passadas possa fazer sentido para os alunos e para que o professor possa verificar a aplicação dos conceitos trabalhados.

As aulas destinadas à correção de exercícios trazem para o professor um momento de reflexão, onde os alunos estiveram com mais dificuldades e discussão acerca dos conceitos trabalhados nas aulas.

E por finalizar, uma atividade experimental, como a proposta pelo livro didático, auxilia o professor em momentos de interação e discussão com os alunos. A realização do experimento, “Decomposição da água oxigenada”, envolveu a construção de calorímetros, mas foi aproveitado para fazer uma discussão sobre energia de ligação, retratando os conceitos abordados anteriormente. Aula importante, pois a Química, enquanto uma Ciência de caráter experimental, desperta sempre o interesse dos alunos sobre sua realização, assim sendo apenas demonstrativo o experimento, já que a escola não possuía laboratório de Química.

Portanto, com o propósito de buscar novas alternativas para o ensino-aprendizagem para conteúdo de Termoquímica, foi proposto um novo planejamento de aulas, tendo como objeto a criação de um material didático que venha contribuir para a aprendizagem dos alunos sobre os conceitos básicos relacionados ao estudo da Termoquímica.

Espera-se que o material didático produto desta dissertação seja disponibilizado para que professores da Educação Básica possam utilizá-lo como

ferramenta didática, proporcionando melhorias aos processos de ensino e de aprendizagem dos alunos acerca do conteúdo de Termoquímica.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALARCÃO, I. **Professores reflexivos em uma escola reflexiva**. São Paulo: Cortez, 2005.

ALVES-MAZZOTTI, A.J. O método nas ciências sociais; In: ALVES-MAZZOTTI, A.J.; GEWANDSZNAJDER, F. **O método nas ciências naturais e sociais: pesquisa quantitativa e qualitativa**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2001.

ARTUSO, R.; HUSSEIN, F. R. G. S.; SOUZA, C. F.; RICHTER, L.; ALVES, L. A. F.; CAPILLE, W. C. Prática dos licenciandos de Química: um olhar lúdico no ensino de termoquímica. In: IX Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências - IX ENPEC, **Atas...**, Águas de Lindóia, 2013.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.

BARROS, H. L. C. Processos Endotérmicos e Exotérmicos: Uma visão atômica-molecular. **Química Nova na Escola**. 31(4), p. 241-245, 2009.

BERTINO, F. F.; SANTANA, G. P. Captura de fenômenos termoquímicos por meio de selfies. **Scientia Amazonia**, 5 (2), p. 84-87, 2016.

BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em educação**. Porto: Porto Editora, 1994.

BRAATHEN, P. C.; LUSTOSA, A. A.; FONTES, A. C.; SEVERINO, K. G. Entalpia de decomposição do peróxido de hidrogênio: uma experiência simples de calorimetria com material de baixo custo e fácil aquisição. **Química Nova na Escola**, n. 29, p. 42-45, 2008.

BRASIL. MEC. **Base Nacional Comum Curricular**. 2017.

BRASIL. MEC. SEMTEC. **PCN+ ensino médio: Orientações Educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da natureza e suas tecnologias**. Brasília. 2002.

BRASIL. MEC. **OCNEM Ensino Médio: Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**, 2006.

CAÑETE, L. S. C. O diário de bordo como instrumento de reflexão crítica da prática do professor. 2010. 151 f. **Dissertação** (Mestrado em Educação) Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2010.

CARDOSO, M. S. *Hipermídia TermoQuim: uma estratégia pedagógica para o ensino de Química*. 2013. **Dissertação** (Mestrado em Educação nas Ciências). Cuiabá: Universidade Federal de Mato Grosso. 129f.

CARMO, H.; FERREIRA, M. M. **Metodologia da investigação**: guia para auto-aprendizagem, Lisboa: Universidade Aberta, 1998.

CASTILHO, D. L.; SILVEIRA, K. P.; MACHADO, A. H. As aulas de química como espaço de investigação e reflexão. **Química Nova na Escola**, n.9, p. 14-17, 1999.

CASTRO, P. M.; SANTOS, M. R.; FERNANDEZ, C.; LEAL, S. H. Conhecimento pedagógico do conteúdo de uma professora de Química do ensino médio sobre lei de Hess. In: IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona. **Anais...** Barcelona: 2013, p. 739-743.

FELÍCIO, B. V. S. Formação de conceitos da termoquímica em meio a relações CTSA e questões sociocientíficas: contribuições da Teoria da Atividade Histórico-Cultural. São Paulo, 2018, 279f. **Tese** (Doutorado em Educação) – Universidade de São Paulo, Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências, São Paulo, 2018.

FIRME, R. N. A abordagem ciência-tecnologia-sociedade (CTS) no ensino da termoquímica: análise da construção discursiva de uma professora sobre conceitos. Recife, 2012. 290f. **Tese** (doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Educação, Programa de Pós-graduação em Educação, Recife, 2012.

FRANCO, M. A. S. Pesquisa-ação e prática docente: articulações possíveis. In: PIMENTA, S. G.; FRANCO, M. A. S. (org.). **Pesquisa em Educação**: Possibilidades investigativas/formativas da pesquisa-ação. São Paulo: Loyola. 2008. p. 103-138.

GONÇALVES, C. A. A. Calorias dos alimentos: uma abordagem temática e lúdica para o ensino de termoquímica. 2016. 100 f. **Dissertação** (Mestrado em Ensino de Ciências) – Instituto de Ciências Exatas e Biológicas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2016.

ISIDÓRIO, R. G.; SILVA, A. C. A.; QUADROS, A. L. Uma Introdução ao ensino de termoquímica para alunos da Educação de Jovens e Adultos, em uma perspectiva dialógica. In: IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – IX ENPEC. **Atas...** Águas de Lindóia, São Paulo, 2013.

JACQUES, V.; ALVES FILHO, J. P. O conceito de energia: os livros didáticos e as concepções alternativas. In: XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. **Anais...** Curitiba, 2008.

KÖHNLEIN, J. F. K.; PEDUZZI, S. S. Um estudo a respeito das concepções alternativas sobre calor e temperatura. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, 2 (3), p. 25-35, 2002.

LIMA, E. C. Conforto térmico em residências como uma proposta de contextualização para o ensino de termodinâmica no ensino médio. 2012. 126 f. **Dissertação** (Mestrado

Profissional em Ensino de Física), Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

LISBOA, J. C. F.; BRUNI, A. T.; NERY, A. L. P.; LIEGEL, R. M.; AOKI, V. L. M. **Ser protagonista Química**. volume 2, 3ed. São Paulo: SM, 2016.

LORENZONI, M. B. Contextualização do ensino de termoquímica por meio de uma sequência didática baseada no cenário regional “queimadas” com a utilização de experimentos investigativos. 2014. 162 f. **Dissertação** (Mestrado em Ensino de Ciências) – Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2014.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

MACHADO, A. H. Aula de química: discurso e conhecimento. 1999. 149f. **Tese** (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação, Campinas, SP.

MAIDANA, E. C. B. Intervenção didática para o ensino de termoquímica: uma proposta para formação inicial e continuada de professores de química. 2016. 144 f. **Dissertação** (Mestrado em Ciências e Matemática) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2016.

MARQUES, N. P.; TEIXEIRA JÚNIOR, J. G. Dificuldades dos alunos do ensino médio em relação aos conteúdos da Lei de Hess. In: XVI Encontro Nacional de Ensino de Química – XVI ENEQ. **Anais...** Salvador, 2012.

MARTINS, A. F. P.; RAFAEL, F. J. Uma Investigação sobre as concepções alternativas de alunos do ensino médio em relação aos conceitos de Calor e Temperatura. In: XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física. **Anais...** São Paulo, 2007.

MENDONÇA, P. C. C. 'Ligando' as ideias dos alunos à Ciência escolar: análise do ensino de ligação iônica por modelagem. Belo Horizonte, 2008, 241f. **Dissertação** (Mestrado em Educação) - Universidade Federal de Minas Gerais, Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Educação, Belo Horizonte, 2008.

MIRALDO, J. R. Experimentação em Química: alternativas para a termoquímica no ensino médio. 2008. **Dissertação** (Mestrado). Campinas: Universidade Estadual de Campinas - Instituto de Química. 118f.

MIZUKAMI, M. G. M. Formadores de professores, conhecimentos da docência e casos de ensino. In: MIZUKAMI, M. G. N.; REALI, A. M. M. R. **Formação de professores, práticas pedagógicas e escola**. São Carlos: EdUFSCar, 2002, p. 151-174.

MORTIMER, E. F.; AMARAL, E. M. R. Uma proposta de perfil conceitual para o conceito de calor. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Porto Alegre, v. 1, n.3, p. 5-18, 2001.

MORTIMER, E. F.; AMARAL, L. O. F. Quanto mais quente melhor: calor e temperatura no ensino de termoquímica. **Química Nova na Escola**. n.7, p. 30-34, 1998.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. **Química**: ensino médio, vol. 2, 3ª ed. São Paulo: Scipione, 2016.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 7, n. 3, p. 3, 2002.

NERY, A. L. P.; LIEGEL, R. M.; FERNANDEZ, C. Um olhar crítico sobre o uso de algoritmos no ensino de Química no ensino médio: a compreensão das transformações e representações das equações químicas. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, 6 (3), p. 587-600, 2007.

OLIVEIRA, A. P. S. A termoquímica na educação básica: uma investigação com licenciandos em química. 2017. 117 f. **Dissertação** (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática), Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.

OLIVEIRA, C. B. E.; ALVES, P. B. Ensino fundamental: papel do professor, motivação e estimulação no contexto escolar. **Paidéia (Ribeirão Preto)**, v. 15, n. 31, p. 227-238, 2005. <https://doi.org/10.1590/S0103-863X2005000200010>

OLIVEIRA, M. M. **Sequência Didática Interativa no processo de formação de professores**. Petrópolis, RJ: Editora Vozes, 2013.

PAIS, L. C. **Didática da Matemática**: uma análise da influência francesa. Belo Horizonte: Autêntica, 2002.

PIETROCOLA, M. A matemática como estruturante do conhecimento físico. **Caderno Brasileiro de Ensino Física**, 19 (1), p. 89-109, 2002.

QUADROS, A. L.; LOBATO, A. C.; BUCCINI, D. M.; LÉLIS, I. S. S.; FREITAS, M. L.; CARMO, N. H. S. A construção de significados em química: a interpretação de experimentos por meio do uso de discurso dialógico. **Química Nova na Escola**, v. 37, n. 3, p. 204-213, 2015. <https://doi.org/10.5935/0104-8899.20150040>

RODRIGUES, S. R.; SILVA, R. S. A Formação do Conhecimento Escolar Pela Confluência dos Saberes da Ciência Química, da História e da Cultura Popular: Aplicação e Avaliação de Uma Proposta de Ensino. In: XV Encontro Nacional de Ensino de Química. **Anais...** Brasília. p. 1-9. 2010.

ROSA, M. I. P. **Investigação e ensino:** articulações e possibilidades na formação de professores de ciências. Unijuí, 2004.

SÁ-CHAVES, I. S. C. **A construção do conhecimento pela análise reflexiva de praxis.** Coimbra: Fundação Calouste Gulbenkian. Fundação para a Ciência e Tecnologia. Ministério da Ciência e da Tecnologia, 2002.

SANTOS, R. B.; NASCIMENTO, P. C.; VIEIRA, K. E.; FREIRES, A. I.; CARVALHEIRO, C. D.; PEREIRA, A. S.; VIANNA, J. F. Uma sequência didática utilizando a informática no ensino de Química para promover a construção do conhecimento em termoquímica. In: 53º Congresso Brasileiro de Química, ABQ. **Anais...**, Rio de Janeiro, 2013.

SANTOS, W. L. P.; MOL, G. S. (coord.). **Química cidadã:** ensino médio, vol. 2, 3ª ed., São Paulo: Editora AJS, 2016.

SILVA, A. C. T. Estratégias enunciativas em salas de aula de Química: contrastando professores de estilos diferentes. Belo Horizonte, 2008, 477f. **Tese** (Doutorado em Educação) Universidade Federal de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Educação. Belo Horizonte, 2008.

SILVA, D. A. M. Análise dos conteúdos termodinâmicos em livros de química e física do ensino médio. 2012. 114 f. **Dissertação** (Mestrado em Química) – Instituto de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2012.

SILVA, D. Estudo das trajetórias cognitivas de alunos no ensino da diferenciação dos conceitos de calor e temperatura. **Tese** (Doutorado em Educação). Faculdade de Educação – USP, São Paulo. 1995.

SILVA, J. L. P. B. Por que não estudar entalpia no ensino médio. **Química Nova na Escola**, n. 22, p. 22-25, 2005.

SILVA, P. N.; SILVA, F. C. V.; SIMÕES NETO, J. E. Transposição didática: analisando o saber a ser ensinado do conteúdo de termoquímica em livros didáticos. In: XIII Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão, UFRPE. **Anais...** Recife, p. 1-3, 2013.

SOARES, M. H. F. B.; CAVALHEIRO, E. T. G. O ludo como um jogo para discutir conceitos em termoquímica. **Química Nova na Escola**, n. 23, p. 27-31, 2006.

SOUZA, N.; SOARES, J. M. C.; SANTOS, E. S.; CARVALHO, C. V. M. Ensino de química: abordagem do conteúdo termoquímica por meio de um jogo lúdico. **Ciclo Revista**, v. 1, n. 2, 2016.

SOUZA, V. C. A. Os desafios da energia no contexto da termoquímica: Modelando uma nova ideia para aquecer o ensino de química. 2007. **Dissertação** (Mestrado em Educação). Belo Horizonte: Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais. 205f.

SOUZA, V. C. A.; JUSTI, R. Estudo da utilização de modelagem como estratégia para fundamentar uma proposta de ensino relacionada à energia envolvida nas transformações químicas. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, 10 (2), p. 1-26, 2010.

STÄHLER, T. B. Ressignificação de saberes em processos de produção do conhecimento escolar com foco na termoquímica - reflexão sobre a relação pedagógica sob o viés da epistemologia. Ijuí, 2017, 143f. **Dissertação** (Mestrado em Educação nas Ciências). Universidade Regional do Noroeste do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências, Ijuí, 2017.

THIOLLENT, M. **Metodologia da Pesquisa-Ação**, 18ª Edição. São Paulo: Cortez, 2011.

TRIPP, D. Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. **Educação e Pesquisa**, 31 (3), p. 443-466, 2005. <https://doi.org/10.1590/S1517-97022005000300009>

VELOSO, A. S. O processo de ensino-aprendizagem do conceito de energia na termoquímica e a relação com o cotidiano de alunos de ensino médio. 2012. 70 f. **Dissertação** (Mestrado em Ensino de Ciências na Amazônia), Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, 2012.

ZAPPE, J. A.; SAUERWEIN, I. P. S.; MAGNO, M. Tecnologias de Informação e Comunicação: Reflexões Sobre Uma Sequência Didática de termoquímica. **Experiências em Ensino de Ciências**. 9(3), p. 70-81, 2014.

## APÊNDICE 1 – Planejamento das aulas de termoquímica

Organização das atividades realizadas no 2º bimestre do ano letivo de 2017.

### Mês: maio

02/05:	Conceito de termoquímica; estados físicos e entalpia
03/05:	Explicação sobre o conceito de termoquímica, de estados físicos e de entalpia
09/05:	Termoquímica: processos endotérmicos e processos exotérmicos
10/05:	Explicação sobre os processos endotérmicos e exotérmicos
16/05:	Exercícios
17/05:	Exercícios
23/05:	Correção dos exercícios
24/05:	Conceito de entalpia e variação de entalpia: diagramas das reações endotérmicas e exotérmicas
30/05:	Explicação sobre o conceito de entalpia e variação de entalpia: diagramas das reações endotérmicas e exotérmicas
31/05:	Exercícios

### Mês: junho

06/06:	Exercícios
07/06:	Correção dos exercícios
13/06:	Correção dos exercícios
14/06:	Entalpia de formação; equação termoquímica
20/06:	Entalpia de combustão
21/06:	Explicação sobre a entalpia de formação; equação termoquímica e entalpia de combustão
27/06:	Exercícios
28/06:	Exercícios

**Mês: julho**

04/07:	Correção dos exercícios
05/07:	Aplicação da avaliação bimestral
11/07:	Recuperação bimestral
12/07:	Recuperação bimestral

## APÊNDICE 2 – Avaliação aplicada após as aulas

1. Reação endotérmica é aquela na qual:

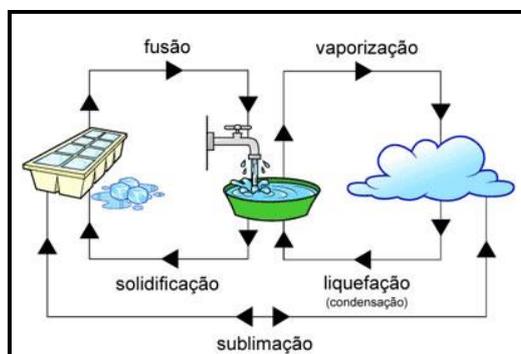
- I – há absorção de calor.
- II – há diminuição de energia.
- III – a entalpia dos reagentes é menor que a dos produtos.
- IV – a variação de entalpia é negativa.

Estão corretos os seguintes complementos:

- a) somente I.
- b) somente I e III.
- c) somente I e IV.
- d) somente I, II e III.
- e) todas as alternativas.

2. Considere o esquema a seguir, no qual estão demonstradas as mudanças de estado físico de uma substância.

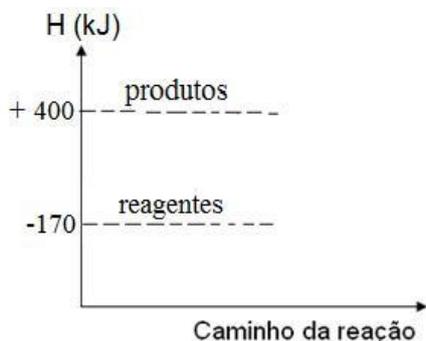
Classifique cada mudança de estado em exotérmico ou endotérmico.



3. Em nosso cotidiano ocorrem processos que podem ser endotérmicos ou exotérmicos. Assinale alternativa que contém apenas fenômenos exotérmicos.

- a) Formação de nuvens; secagem de roupas; queima de carvão.
- b) Formação de geada; combustão em motores de automóveis; evaporação de água dos lagos.
- c) Evaporação da água dos lagos; secagem de roupas; explosão de fogos de artifício.
- d) Queima de carvão; formação de geada; derretimento de gelo.
- e) Combustão em motores de automóveis; explosão de fogos de artifício; formação de geada.

4. Observe o diagrama de um processo químico:



Calcule a variação da entalpia ( $\Delta H$ ) e indique se o processo é endotérmico ou exotérmico.

5. Considere a reação de combustão de 440,0 g de propano ( $C_3H_8$ ), a  $25^\circ C$  e 1 atm, com liberação de 22200 kJ. Para se obter 1110 kJ de calor, nas condições mencionadas, qual é a massa de propano, em gramas, a ser utilizada?

6. Considere a equação a seguir:



É correto afirmar que a reação é:

- a) exotérmica, liberando 286 kJ por mol de oxigênio consumido.
- b) exotérmica, liberando 572 kJ para dois mols de água produzida.
- c) endotérmica, consumindo 572 kJ para dois mols de água produzida.
- d) endotérmica, liberando 572 kJ para dois mols de oxigênio consumido.
- e) endotérmica, consumindo 286 kJ por mol de água produzida.

7. Ao sair de uma piscina em dia de vento, sentimos frio. Proponha uma explicação para isso, com base nos conceitos de mudança de fase e de troca de calor.

### APÊNDICE 3 – Planejamento das aulas de termoquímica

Organização das atividades realizadas no 3º bimestre do ano letivo de 2018.

#### Mês: agosto

08/08:	Definição de calor e temperatura utilizando bloquinhos de madeira/metal e posterior discussão; exibição de videoaula e posterior discussão
09/08:	Questões norteadoras sobre calor e temperatura – escrita e discussão
16/08:	Realização de atividade em grupo sobre energia de ligação: construção de moléculas de uma reação química utilizando jujubas
22/08:	Discussão sobre energia de ligação, tratada na atividade da aula anterior, com a utilização de jujubas
23/08	Discussão sobre variação de entalpia, reações exotérmicas e endotérmicas, utilizando fotocópias sobre o assunto abordado
29/08:	Exercícios em sala de aula
30/08:	Correção e discussão dos exercícios

#### Mês: setembro

05/09:	Leitura e discussão sobre a Lei de Hess, utilizando o livro didático
06/09:	Exercícios em sala de aula
12/09:	Correção e discussão dos exercícios
13/09:	Exercício do livro didático sobre a Lei de Hess e posterior discussão
19/09:	Aplicação de atividade avaliativa em sala de aula
20/09:	Atividade experimental proposta pelo livro didático “Decomposição da água oxigenada” com o objetivo de investigar o calor envolvido na reação de decomposição da água oxigenada

## APÊNDICE 4 – Apostila sobre entalpia e reações endotérmicas e exotérmicas

### Entalpia e processos exotérmicos e endotérmicos

O calor de reação à pressão constante tem um papel fundamental no estudo das variações de energia térmica e foi assim definido como uma propriedade de sistema denominada entalpia (H).

**Variação de entalpia ( $\Delta H$ )** é o calor liberado ou absorvido por reações químicas realizadas à pressão constante.

A variação da entalpia de reações químicas é definida como a diferença entre as substâncias formadas (produtos) e as substâncias iniciais (reagentes), sendo representada pela equação:

$$\Delta H = H_{\text{produtos}} - H_{\text{reagentes}}$$

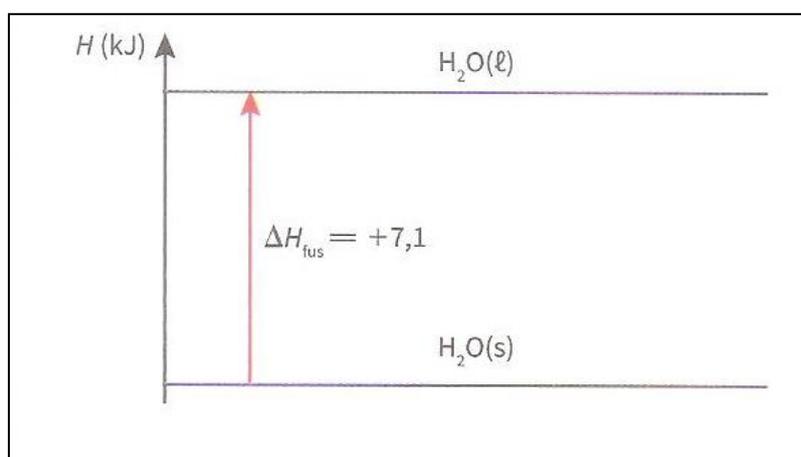
Nos processos endotérmicos, o sistema recebe energia da vizinhança.

Exemplo: fusão do gelo



Diagrama de entalpia:

Calor absorvido de meio ambiente;  $\Delta H > 0$  ; entalpia dos produtos  $>$  entalpia dos reagentes



Fonte: NOVAIS; ANTUNES, 2016, p. 109.

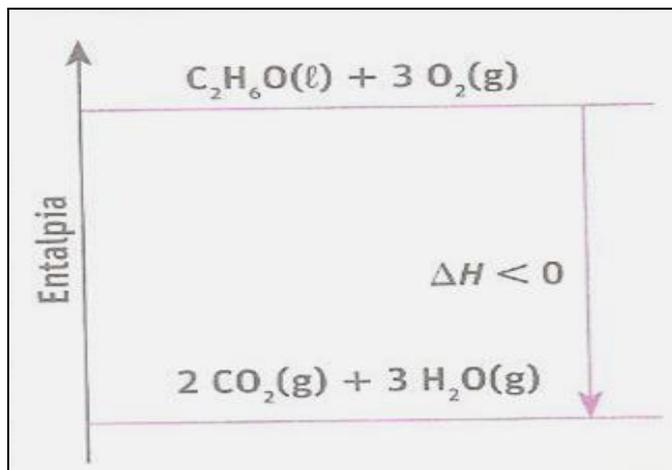
Nos processos exotérmicos, o sistema cede energia para a vizinhança.

Exemplo: queima do álcool



Diagrama de entalpia:

Calor liberado para a vizinhança;  $\Delta H < 0$ ; entalpia dos produtos < entalpia dos reagentes

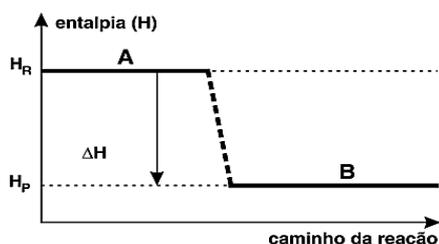


Fonte: LISBOA, *et al.*, 2016, p. 59.

## APÊNDICE 5 – Atividade avaliativa

1. Quando uma criança está febril, é prática comum passar no corpo dela um algodão umedecido em álcool. Esse procedimento funciona por quê?

2. Considere o gráfico a seguir:



De acordo com o gráfico acima, indique a opção que completa, respectivamente, as lacunas da frase a seguir: “A variação da entalpia,  $\Delta H$ , é .....; a reação é ..... porque se processa ..... calor.”

- a) positiva, exotérmica, liberando.
- b) positiva, endotérmica, absorvendo.
- c) negativa, endotérmica, absorvendo.
- d) negativa, exotérmica, liberando.

3. Um passo do processo de produção de ferro metálico,  $\text{Fe}_{(s)}$ , é a redução do óxido ferroso ( $\text{FeO}$ ) com monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ).



Utilizando as equações termoquímicas abaixo e baseando-se na Lei de Hess, calcule o valor de  $x$ :



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E**  
**MATEMÁTICA**  
**Mestrado Profissional**

**FABIANO GUIMARÃES PEREIRA**

**PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O CONTEÚDO DE**  
**TERMOQUÍMICA NO ENSINO MÉDIO**

**PRODUTO EDUCACIONAL**

Orientador: Prof. Dr. José Gonçalves Teixeira Júnior

**Uberlândia, 2019**

## APRESENTAÇÃO

Este material didático é parte integrante da dissertação de mestrado “Proposta e análise de uma sequência didática para abordar o conteúdo de Termoquímica no Ensino Médio”. Com base nas leituras e nas experiências vivenciadas ao longo do mestrado, foi possível redefinir a proposta da Sequência Didática sobre Termoquímica, cujo foco principal é promover o engajamento dos estudantes nas atividades propostas pelo professor.

Todas as atividades descritas nesta Sequência Didática oferecem um referencial para que os professores tenham uma breve orientação ao longo da aplicação. Portanto, elas servem de modelo, podendo ser substituídas por outras atividades de acordo com a realidade docente.

Acreditamos que este material possa contribuir para que as aulas de Termoquímica no Ensino Médio se tornem mais contextualizadas, ampliando a participação dos alunos, uma vez que os resultados da dissertação a que esta Proposta se vincula apontam para essa direção. Na sequência, apresentamos o planejamento de toda a sequência didática, com objetivos das aulas, recursos didáticos e metodologias utilizadas.

Esperamos que as sugestões aqui apresentadas, fruto de inquietações no exercício da docência no Ensino Médio, possam servir de ponto de partida para que vocês, professor e professora de Química, superem seus próprios obstáculos.

## Sumário

AULA 1 .....	91
AULA 2 .....	94
AULA 3 .....	97
AULA 4 .....	100
AULA 5 .....	104
AULA 6 .....	110
AULA 7 .....	112
AULA 8 .....	114
Considerações finais .....	118

## AULA 1

**Conteúdo:** CALOR E TEMPERATURA, OS CONCEITOS EM TERMOQUÍMICA.

**Objetivos:** identificar propriedades específicas e a diversidade dos materiais; reconhecer que há energia envolvida na transformação química.

**Recursos:** lousa, bloquinhos de madeira e metal, termômetros a álcool e clínico, *datashow*.

### Descrição das atividades

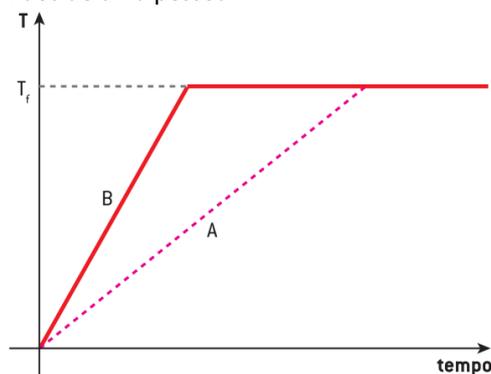
**1º momento:** o professor poderá iniciar a aula apresentando aos alunos os bloquinhos de madeira e metal, para começar uma discussão sobre os termos “quente” e “frio”. Deixar que os alunos toquem nos bloquinhos para perceberem a sensação de quente e frio e, assim, começar uma discussão com uma pergunta: os bloquinhos de madeira e metal estão na mesma temperatura? Fomentar a discussão em torno dos conhecimentos prévios dos alunos sobre o que eles sabem sobre calor e temperatura.

Sugestão de atividade:

#### Questões

1. Como vocês interpretam a diferença dos resultados da sensação de quente e frio, ao segurar os blocos, e das medidas de temperatura feitas com o termômetro?
2. O gráfico da Figura 1 representa a variação de temperatura dos dois blocos usados na atividade se eles tivessem ficado em contato com suas mãos por tempo suficiente para atingir a temperatura de seu corpo.

*Figura 1:* gráfico da variação da temperatura em função do tempo para os blocos de madeira e metal em contato com as mãos de uma pessoa



Fonte: MORTIMER; MACHADO, 2016, p. 65.

- a. Considerando a variação da temperatura dos blocos em função do tempo, deduzam de que material são feitos o bloco A e o bloco B.
- b. Houve aumento ou diminuição da temperatura dos blocos?
- c. Qual é o valor aproximado da temperatura  $T_f$  ?
- d. Faça um gráfico para a situação em que dois blocos estejam a uma mesma temperatura inicial, maior que a de seu corpo. Nesse caso, o bloco de metal vai parecer mais quente ou mais frio que o de madeira?

**2º momento:** em seguida colocar o termômetro nos furos dos bloquinhos para fazer a medição da temperatura. Aguardar algum tempo e pedir aos alunos que anotem a temperatura. Levar também um termômetro clínico para fazer uma diferenciação sobre a utilidade dos termômetros clínicos e de laboratório.

### Sugestão de atividade

#### **Termômetros**

##### **Introdução**

Estamos tão habituados ao uso de termômetros - principalmente os clínicos e aqueles usados para medir a temperatura de um ambiente – que raramente nos questionamos como eles funcionam e quais são as ideias científicas relacionadas a esse funcionamento.

**Material:** um termômetro clínico e um de laboratório

**O que fazer:** observar atentamente a estrutura e o funcionamento dos termômetros.

##### **Questões**

1. Um termômetro comum de laboratório (não digital) não precisa ser agitado para ser usado e não pode ser retirado do sistema cuja temperatura queremos conhecer. Já um termômetro clínico (que mede a temperatura do corpo humano) precisa ser agitado antes de ser usado e pode ser retirado do sistema (o corpo da pessoa) cuja temperatura se quer conhecer. Qual é a razão dessa diferença de comportamentos?
2. Observe e desenhe o bulbo e o capilar de um termômetro de laboratório e os de um termômetro clínico.

3. Quais seriam as desvantagens de se usar um termômetro clínico num laboratório de Química?

**3º momento:** posteriormente o professor pode usar o *datashow* em sala de aula ou levar os alunos ao laboratório de informática, para assistirem ao vídeo “Calor, Temperatura e Calorias. O que é o quê?”, do canal Universo Físico, disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=qzPr8pJ1fnA>. Assim, o professor conclui sua aula escrevendo os conceitos de calor e temperatura.

#### Sugestão de atividade

De acordo com o vídeo, responda as seguintes questões.

1. Defina o que é calor.
2. Defina o que é temperatura.
3. Por que o nosso corpo é considerado um “péssimo termômetro”?
4. Quais são as unidades de medida de calor?

#### **Sugestão de vídeo para o professor**

*Pontociência – Quente ou frio?*, disponível em:  
<https://www.youtube.com/watch?v=pkc4XbG8A0Y>.

#### **Sugestão de leitura para o professor**

MORTIMER, E. F.; AMARAL, L. O. F. Quanto mais quente melhor: calor e temperatura no ensino de termoquímica. **Química Nova na Escola**. n.7, p. 30-34, 1998.

## AULA 2

**Conteúdo:** CALOR E TEMPERATURA, OS CONCEITOS EM TERMOQUÍMICA.

**Objetivos:** reconhecer a função dos alimentos para o provimento de energia; compreender os diferentes valores calóricos dos alimentos em rótulos.

**Recursos:** lousa, folhas fotocopiadas.

### Descrição das atividades

**1º momento:** o professor organiza a turma para responder individualmente algumas questões (o professor pode mudar essas questões de acordo com a realidade de sua sala de aula).

### Sugestão de questões para problematização

1. Se uma bebida está muito gelada e você deseja tomá-la o mais fria possível, qual seria o copo mais adequado para servi-la: o de vidro ou o de alumínio? Por quê?
2. A frase: “Esse casaco de lã é muito quente” está errada? Explique.
3. Por que sentimos mais fome em dias mais frios do que em dias de muito calor?
4. Qual a diferença entre calor e temperatura?

Recomenda-se que o professor disponha de um tempo da aula para que os alunos respondam as questões propostas.

**2º momento:** o professor iniciará então, uma discussão sobre as questões propostas, verificando nas respostas dadas pelos alunos aquelas em que eles demonstram mais dificuldade. Fazer com que os alunos leiam suas respostas escritas sobre determinada questão, para que participem da discussão. Como exemplo, nas respostas dadas pelos alunos, a questão número três, “*é porque no frio o nosso corpo precisa de mais energia para se aquecer, por isso comemos mais e sentimos mais fome*” ou “*porque o corpo usa mais energia para controlar a temperatura do corpo*”. Nesse momento, o professor abre uma discussão sobre por que razão nosso corpo precisa de calorias para se manter aquecido e que tais calorias são fornecidas através dos alimentos. O professor deve lembrar que caloria é uma unidade de medida de calor. O professor

também deve explicar o que vem ser a Termoquímica, que é um ramo da Termodinâmica que estuda os processos de calor nas reações químicas.

Sugestão de atividade:

**Texto: Química e saúde – Os alimentos e seu valor calórico**

Os alimentos e seu valor calórico (adaptado a partir de Novais e Antunes (2016))

Observe os dados da tabela abaixo, que informa o valor nutricional de alguns alimentos em kcal, e a reprodução de parte de um rótulo de um produto.

<b>Alimentos: massa, energia aproximada e medidas usuais de consumo correspondentes</b>			
<b>Alimento</b>	<b>Massa (g)</b>	<b>Energia (kcal)</b>	<b>Consumo</b>
<b>Açúcar refinado</b>	28	110	1 colher sopa
<b>Alface</b>	120	15	15 folhas
<b>Batata cozida</b>	202,5	150	1 ½ unidades
<b>Bife grelhado</b>	65	190	1 unidade
<b>Manteiga</b>	9,8	73	½ colher sopa
<b>Muçarela</b>	45	120	3 fatias
<b>Pão francês</b>	50	150	1 unidade
<b>Ovo frito</b>	50	190	2 unidades
<b>Tomate comum</b>	80	15	4 fatias

Fonte: Brasil, Ministério da Saúde (2008) adaptado a partir de Novais e Antunes (2016, p. 114)

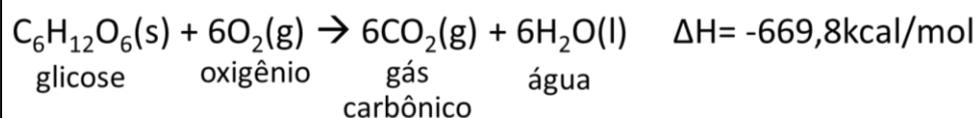
<b>INFORMAÇÃO NUTRICIONAL</b>			
<b>Porção de 30g (3/4 xícara)</b>			<b>30g de produto + 125 mL de leite desnatado</b>
<b>Quantidade por porção</b>		<b>% VD*</b>	
<b>Valor energético</b>	116 kcal = 487 kJ	6	173 kcal = 727 kJ
<b>Carboidratos</b>	25 dos quais	8	31 g
<b>Açúcares</b>	12g	**	18g
<b>Proteínas</b>	1,2g	2	5,4g
<b>Gorduras totais</b>	1,1g	2	2,8g
<b>Gorduras saturadas</b>	0,4g	2	1,4g
<b>Gorduras trans</b>	Não contém	**	0g
<b>Fibra alimentar</b>	1g	4	1g

\* Valores diários (VD) de referência com base em uma dieta de 2000 kcal ou 8400 kJ. Seus valores diários podem ser maiores ou menores, dependendo de suas necessidades energéticas.

\*\* VD não estabelecidos.

Os alimentos que ingerimos passam por uma série de processos em nosso organismo que se iniciam pela transformação de moléculas mais complexas em outras mais simples. De cada reação participam catalisadores biologicamente fundamentais, as enzimas, capazes de reduzir o tempo necessário para que as transformações sejam efetivadas.

A energia liberada nessas etapas é utilizada por nosso organismo no desempenho de diversas funções essenciais. O excedente de energia é acumulado no organismo sob a forma de gordura. Um aspecto interessante do metabolismo de um nutriente no organismo humano é que o total de energia envolvido em tal processo (após todas as etapas) é igual ao que seria obtido por combustão desse alimento. Por exemplo, considere a combustão da glicose:



### Questões

1. Qual dos alimentos da tabela fornecida tem o valor calórico mais baixo? E qual alimento tem valor calórico mais alto?
2. Analisando a reação de combustão da glicose podemos afirmar que se trata de uma reação endotérmica ou exotérmica? Justifique.
3. Do ponto de vista energético, a quantos gramas de tomate equivalem 10 g de manteiga?
4. Considerando que os componentes básicos do tomate, da batata e da manteiga são respectivamente, fibras, carboidratos e gordura, coloque esses componentes em ordem decrescente quanto ao teor calórico.

<b>AULA 3</b>
---------------

**Conteúdo:** ENERGIA DE LIGAÇÃO.

**Objetivo:** reconhecer uma transformação química como uma transformação que envolve o rearranjo de átomos; compreender os procedimentos utilizados para efetuar cálculos utilizando as energias de ligação; utilizar dados tabelados para os procedimentos de cálculos de variação de energia.

**Recursos:** lousa, folha A4, palitos e balinhas do tipo jujubas (balas de goma).

**Descrição das atividades**

**1º momento:** ao iniciar a aula sobre o conteúdo de energia de ligação, o professor deve organizar grupos de acordo com o número de alunos da turma.

O professor entrega uma folha de papel em branco para cada grupo. Em seguida, propõe aos alunos que escrevam a transformação química:



Escreva apenas os reagentes da reação proposta. Aqui o professor poderá utilizar outras reações químicas para trabalhar a dinâmica com os grupos.

Na sequência, o professor pede aos grupos que representem no papel a molécula obtida no produto.

**2º momento:** Em seguida o professor entrega aos grupos palitos e jujubas com cores e sabores diferentes, combinando com os alunos que determinadas cores das jujubas representam átomos diferentes presentes na transformação química proposta. Exemplos: o átomo de carbono (C) é representado pela jujuba amarela; o átomo de cloro (Cl), pela jujuba verde; o átomo de hidrogênio (H), pela jujuba vermelha.

Assim que os grupos terminarem a montagem de todas as moléculas envolvidas na transformação química, o professor pode fotografar a representação da molécula de cada grupo.

**Observação:** caso verifique que os alunos têm dificuldade de montar as moléculas, o professor deve fazer uma revisão sobre ligações químicas.

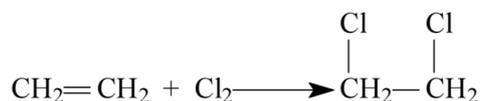
**3º momento:** o professor começa a discussão sobre o conteúdo energia de ligação com os alunos. É interessante, nesse momento, o professor conceituar o termo “energia” e apresentar como exemplo algum modelo construído por um dos grupos e explicar: na formação de ligações químicas, há liberação de energia (processo exotérmico) e, no rompimento de ligações químicas, há absorção de energia (processo endotérmico); os valores de energia de ligação são obtidos experimentalmente e podem ser encontrados em tabelas. Finalizar, então, conceituando energia de ligação.

**Observação:** se o tempo da aula não for suficiente para se fazer toda discussão sobre o conteúdo energia de ligação, o professor pode optar em fazê-la em outra aula, guardando os registros feitos nesta aula, para posterior discussão.

Sugestão de atividade:

#### Questão

1. De acordo com reação química proposta durante a aula, ou seja, a reação:



- a) explique o que acontece com a energia de ligação das moléculas nos reagentes e nos produtos; e
- b) calcule a variação de energia da reação proposta utilizando a tabela de valores de energia de ligação.

Ligação	Energia/ kcal · mol <sup>-1</sup>
H—C	98,8
C=C	146,8
Cl—Cl	58,0
C—C	82,9
C—Cl	78,2

Fonte: FONSECA, 2016, p. 147.

**Sugestão de vídeo**

O professor poderá se orientar pelo vídeo *Aula prática construção de moléculas*, disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=R\\_OixgEb7Ik](https://www.youtube.com/watch?v=R_OixgEb7Ik).

**Sugestão de leitura**

OLIVEIRA, R.J. de. SANTOS, J.M. A Energia e a Química. **Química Nova na Escola**, n. 8, p. 19-21, 1998.

MILARÉ, T. Ligações iônica e covalente: relações entre as concepções dos estudantes e dos livros de Ciências. **VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, 2007.

## AULA 4

**Conteúdo:** ENTALPIA, VARIAÇÃO DE ENTALPIA E REAÇÕES ENDOTÉRMICAS E EXOTÉRMICAS.

**Objetivos:** conceituar entalpia; reconhecer que há transformações químicas que ocorrem com consumo ou produção de energia e que esta pode ser medida; saber diferenciar processo endotérmico e exotérmico; compreender a representação da variação de energia de uma transformação química por meio de gráficos.

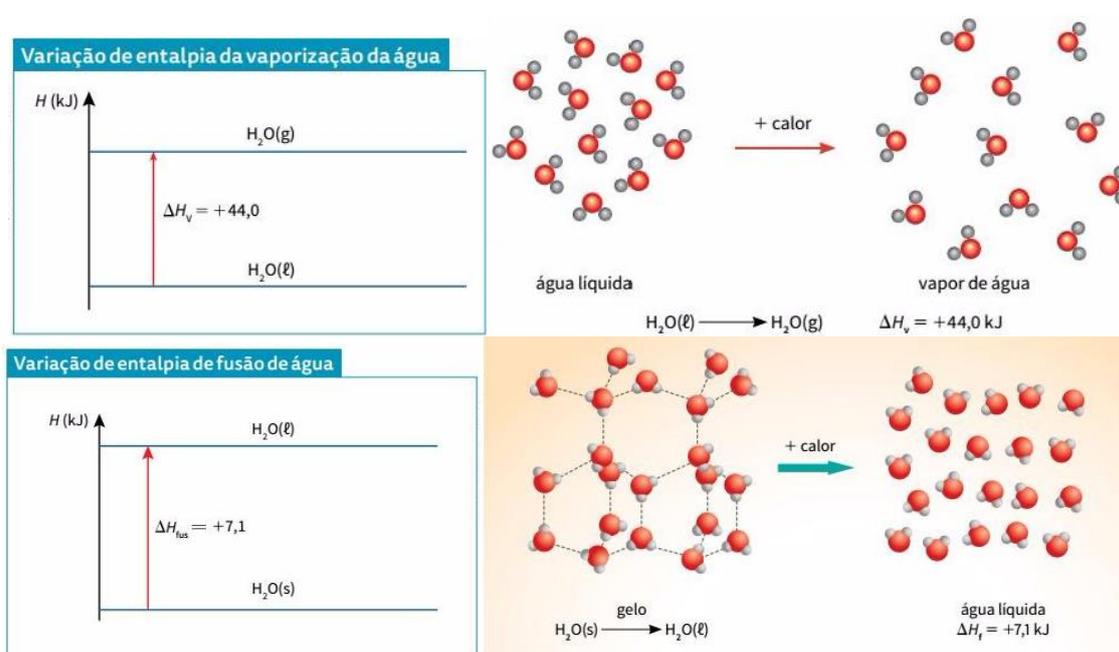
**Recursos:** lousa, folhas fotocopiadas.

### Descrição das atividades

**1º momento:** a aula poderá começar com uma pergunta para os alunos: “Ao sair molhado em local aberto, mesmo em dias quentes, tem-se a sensação de frio. Por quê?”.

Em seguida, o professor começa uma discussão em torno das respostas dos alunos. De acordo, com as respostas o professor pode intervir, quando necessário, para levar os alunos a utilizar os conceitos de calor e temperatura, mas também poderá fazer uma revisão sobre mudanças de estado físico da matéria, que estão relacionadas com absorção e liberação de energia.

Figura 3: variação da entalpia em processos de mudanças de estado físico



Fonte: NOVAES, ANTUNES (2016, p. 108-109)

**2º momento:** o professor entrega a cada aluno uma folha fotocopiada, sobre os conceitos de entalpia (H) e variação de entalpia ( $\Delta H$ ) nas reações endotérmicas e exotérmicas.

Sugestão de atividade:

**TEXTO:**

O calor de reação à pressão constante tem um papel fundamental no estudo das variações de energia térmica e é definido como a propriedade do sistema denominada **entalpia (H)**.

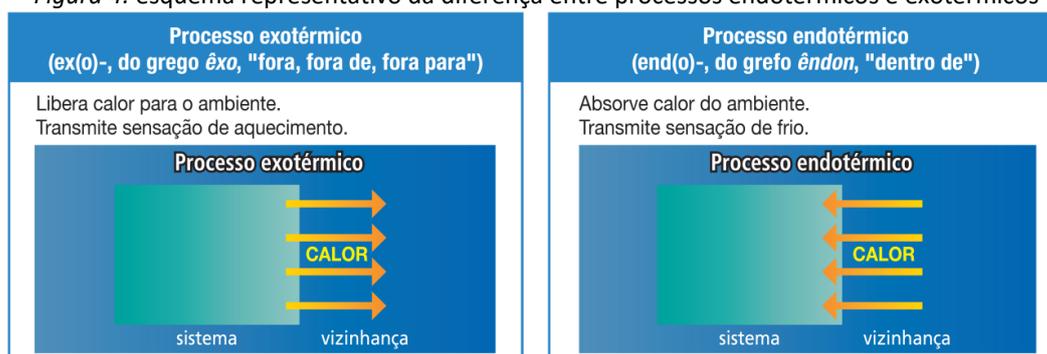
**Variação de entalpia ( $\Delta H$ )** é o calor liberado ou absorvido por reações químicas realizadas sob pressão constante.

A variação da entalpia de reações químicas é definida como a diferença entre as substâncias formadas (produtos) e as substâncias iniciais (reagentes), sendo representada pela equação:

$$\Delta H = H_{\text{produtos}} - H_{\text{reagentes}}$$

Com essa equação, podemos calcular os valores de energia sob a forma de calor absorvidos ou liberados em reações químicas. Em primeira análise, é possível a reação absorver (reação endotérmica) ou liberar calor (reação exotérmica).

*Figura 4:* esquema representativo da diferença entre processos endotérmicos e exotérmicos



Fonte: SANTOS; MÓL, 2016, p. 260.

**Exemplos de reações endotérmicas e seus diagramas de entalpia:**

Calor absorvido do meio ambiente;  $\Delta H > 0$ ; entalpia dos produtos > entalpia dos reagentes.

Figura 5: exemplos de reações endotérmicas:

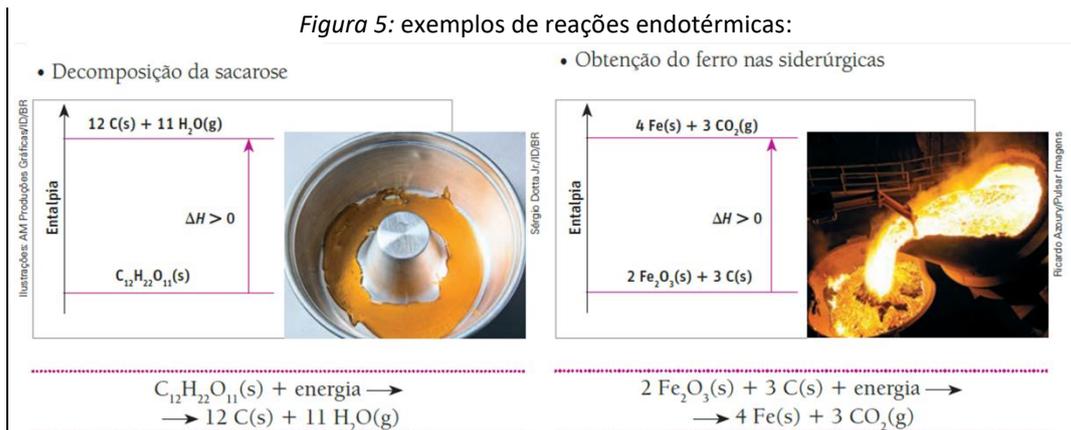
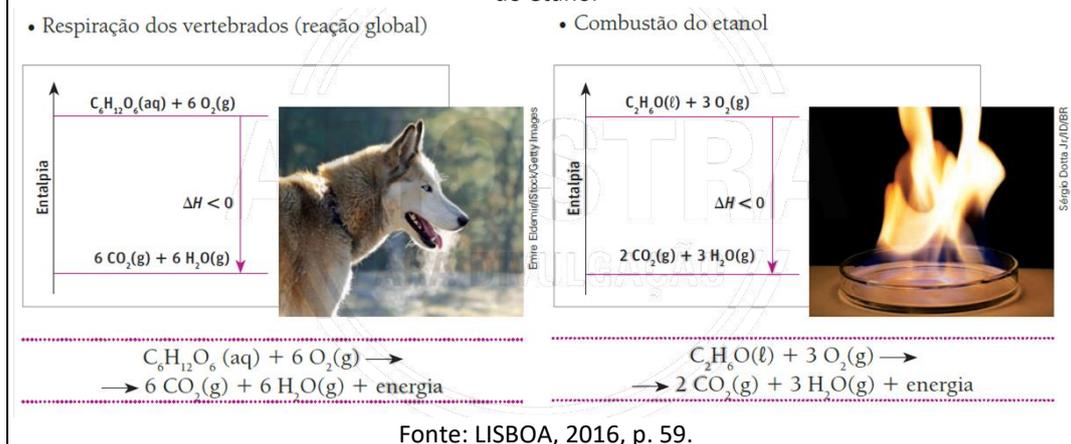
Fonte: LISBOA *et al.*, 2016, p. 59.**Exemplos de reações exotérmicas e seus diagramas de entalpia:**Calor liberado para a vizinhança;  $\Delta H < 0$ ; entalpia dos produtos < entalpia dos reagentes.

Figura 6: exemplos de fenômenos exotérmicos: a) respiração dos vertebrados e b) a combustão do etanol



Fonte: LISBOA, 2016, p. 59.

Explicar os conceitos e fazer uma discussão e reconhecimento em relação aos diagramas das reações endotérmicas e exotérmicas, pois os alunos podem ter dúvidas como: “professor, se o produto vem depois dos reagentes porque ele está escrito antes?”, em relação à escrita da expressão da variação de entalpia ( $\Delta H$ ), ou “para perceber um do outro, quando estiver descendo ou subindo, a gente pode falar que é endotérmico ou exotérmico?”, em relação aos diagramas de reações exotérmicas e endotérmicas.

**Sugestão de leitura**

BARROS, H. L. C. Processos Endotérmicos e Exotérmicos: Uma visão atômica-molecular. **Química Nova na Escola**. 31(4), p. 241-245, 2009.

Proposta de sequência didática para o conteúdo de Termoquímica no Ensino Médio

Fabiano Guimarães Pereira

SILVA, J. L. P. B. Por que não estudar entalpia no ensino médio. **Química Nova na Escola**, n. 22, p. 22-25, 2005.

**AULA 5**

**Conteúdo:** ATIVIDADE EXPERIMENTAL: DECOMPOSIÇÃO DA ÁGUA OXIGENADA.

**Objetivos:** realizar uma atividade experimental demonstrativa; reconhecer por meio de experimentos simples quando há produção ou consumo de calor em uma transformação química.

**Recursos:** recipiente de isopor, termômetro de álcool, colher, fermento biológico e frasco de água oxigenada.

**Descrição das atividades**

**1º momento:** o professor pode, nesse momento das suas aulas, aplicar uma atividade experimental, como a decomposição da água oxigenada, com seus alunos em sala de aula (caso a escola não possua laboratórios de química), realizando o experimento, mesmo que seja apenas demonstrativo.

**Atividade experimental: decomposição da água oxigenada****Objetivo**

Investigar o calor envolvido na reação de decomposição da água oxigenada.

**Material**

- Recipiente de isopor (utilizado para manter a temperatura de latas de bebidas);
- Termômetro de álcool para medir temperaturas de 20 °C a 60 °C (modelo utilizado nas áreas de refrigeração, galpões de criação de frangos) ou termômetro digital;
- Meia colher (de chá) de fermento biológico (fermento de pão) fresco ou desidratado;
- Frasco de 100 mL de água oxigenada comercial de 10 volumes.

**Procedimento**

1. Monte um calorímetro prendendo o termômetro no recipiente de isopor (Figura 7).
2. Adicione ao calorímetro 100 mL de água oxigenada.
3. Meça exatamente a temperatura da solução ( $t_{\text{início}}$ ).

4. Adicione aproximadamente meia colher (de chá) de fermento biológico e tampe rapidamente o calorímetro. Agite-o suavemente para misturar bem o fermento com a água oxigenada.
5. Observe atentamente a variação da temperatura do sistema até que ela atinja um valor máximo estabilizado, o qual será considerado o valor da temperatura final ( $t_{\text{final}}$ ).

Figura 4: calorímetros caseiros montados com termômetro digital e termômetro de álcool



Fonte: LISBOA, *et al.*, 2016, p. 67.

### Questões

- 1 – O que você notou sobre a variação da temperatura no calorímetro?
- 2 – A reação estudada é exotérmica ou endotérmica? Justifique.

**2º momento:** para que haja maior interação na realização da atividade experimental, peça a um dos alunos da turma realizar o experimento.

O aluno fará a leitura da atividade experimental (objetivo, material e procedimento) para a turma. Aqui o professor pode falar sobre as normas e os equipamentos de segurança usados nos laboratórios.

Os alunos realizarão a atividade experimental sob supervisão do professor.

**3º momento:** O professor inicia uma discussão acerca do experimento fazendo perguntas como: “Qual a temperatura inicial?”; “O que aconteceu quanto se adicionou fermento biológico a água oxigenada?”; “Porque houve aumento da temperatura?”; “Qual gás foi liberado na reação proposta?”; “A reação é exotérmica ou endotérmica?”. Em seguida o professor pode escrever a reação química na lousa com ajuda dos conhecimentos dos alunos sobre a escrita da reação:  $2\text{H}_2\text{O}_{2(\text{aq})} \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} + \text{O}_{2(\text{g})}$ .

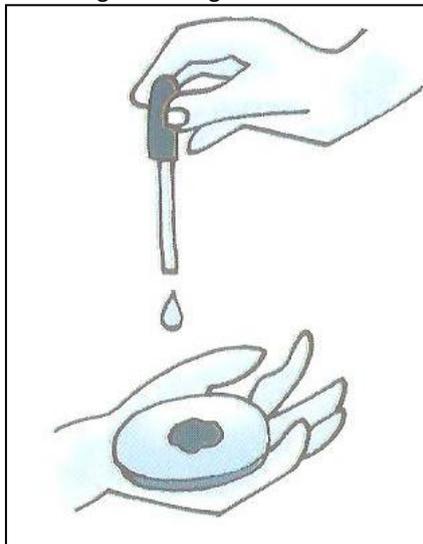
**4º momento:** o professor pode rever os conceitos trabalhados, como energia de ligação (pode aproveitar a reação de decomposição da água oxigenada para rever absorção de energia nas ligações químicas dos reagentes e a liberação de energia na formação das ligações químicas no produto), entalpia e variação de entalpia nas reações exotérmicas.

### Sugestão de outras atividades experimentais

<b>Energia envolvida nas interações</b>	
<b>Objetivo</b>	
Realizar reações químicas a fim de se observarem os efeitos energéticos a elas relacionados.	
<b>Material</b>	
- 1 espátula ou colher	- 1 tampa de lata
- 1 pinça de madeira	- bico de Bunsen ou lamparina
- Sulfato de cobre pentaidratado	- conta-gotas
<b>Procedimento</b>	
1. Com a espátula, coloque uma colher de café de sulfato de cobre pentaidratado na tampa de lata.	
2. Com o auxílio da pinça de madeira aqueça o material durante alguns minutos (até observar alterações).	
3. Anote suas observações na tabela de dados indicada no final do procedimento.	

4. Espere a tampa da lata voltar à temperatura ambiente. Coloque-a então sobre a palma da mão e, com o conta-gotas, pingue gotas de água sobre o material obtido pelo aquecimento conforme indica a figura 6 abaixo.

Figura 8: conta-gotas de água sobre o material obtido



Fonte: SPARAPAN, *et al.*, 1998.

Sistema	Estado inicial	Estado final	Evidência de transformação	Existe algum tipo de energia envolvida?

#### Análise de dados:

Na experiência realizada com sulfato de cobre ocorreram duas reações:

1ª etapa: sulfato de cobre hidratado + calor → sulfato de cobre anidro + água

2ª etapa: sulfato de cobre anidro + água → sulfato de cobre hidratado

Classifique em exotérmica ou endotérmica cada uma destas reações. Justifique sua resposta.

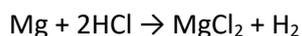
#### Referência bibliográfica:

SPARAPAN, E. R. F. *et al.* **Interações e transformações I**: Química para o ensino médio: livro de laboratório – módulos I e II, São Paulo: EDUSP, 1998.

### Calor de uma reação

#### Introdução

A energia envolvida em uma reação química pode ser determinada a partir da quantidade de calor envolvida na reação e pode ser calculada por  $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$ , onde  $m$  é a massa total da solução;  $c$ , o calor específico da solução; e  $\Delta T$ , a variação de temperatura da solução. Nesta atividade calculamos o calor da reação do magnésio (Mg) com o ácido clorídrico (HCl), segundo a equação:



Como a reação é rápida e as quantidades envolvidas são pequenas, desprezamos a perda de calor para o meio ambiente e o calorímetro e, portanto, a quantidade de calor liberado nessa reação é a mesma absorvida pela diluída de HCl, Mg e água.

#### Equipamentos

- |                |                |                    |
|----------------|----------------|--------------------|
| - termômetro;  | - calorímetro; | - proveta;         |
| - micropipeta; | - pisseta;     | - bastão plástico. |

#### Reagentes

- |                           |                         |          |
|---------------------------|-------------------------|----------|
| a) ácido muriático – HCl; | b) magnésio pré-pesado; | c) água. |
|---------------------------|-------------------------|----------|

#### Procedimento:

1. Adicione 54 mL de água e 15 mL de HCl no copo de isopor (nosso calorímetro). Use a proveta e a micropipeta para a transferência.
2. Agite a mistura com o bastão plástico e deixe-a em repouso por cerca de 2 minutos (por quê?).
3. Tampe-a e determine a temperatura dessa solução com o termômetro. Anote.
4. Levante a tampa e com cuidado coloque o pedaço pré-pesado de magnésio. Agite regularmente a solução, segurando o copo cuidadosamente pelas bordas e fazendo pequenos movimentos circulares e anote a maior temperatura atingida.
5. Admitindo-se estar a solução diluída, podemos adotar o calor específico da solução igual ao da água (1 cal/g°C ou 4,18 joule/g°C) e a densidade da solução de HCl a mesma da água (1 g/mL). Com esses dados, procure calcular o calor liberado nessa reação (veja a introdução).
6. Expresse o calor dessa reação em joule/g de Mg ou joule/mol de Mg.

#### Referência bibliográfica:

CRUZ, R.; GALHARDO F. **Experimentos de química-em microescala**, com materiais de baixo custo e do cotidiano. 1ª ed. Editora Livraria da Física, 2004.

**Sugestão de leitura**

BRAATHEN, P. C.; LUSTOSA, A. A.; FONTES, A. C.; SEVERINO, K. G. Entalpia de decomposição do peróxido de hidrogênio: uma experiência simples de calorimetria com material de baixo custo e fácil aquisição. **Química Nova na Escola**, n. 29, p. 42-45, 2008.

## AULA 6

**Conteúdo:** LEI DE HESS.

**Objetivos:** compreender os aspectos quantitativos relacionados à variação de energia em uma transformação química – Lei de Hess; compreender os procedimentos utilizados para efetuar cálculos utilizando a Lei de Hess.

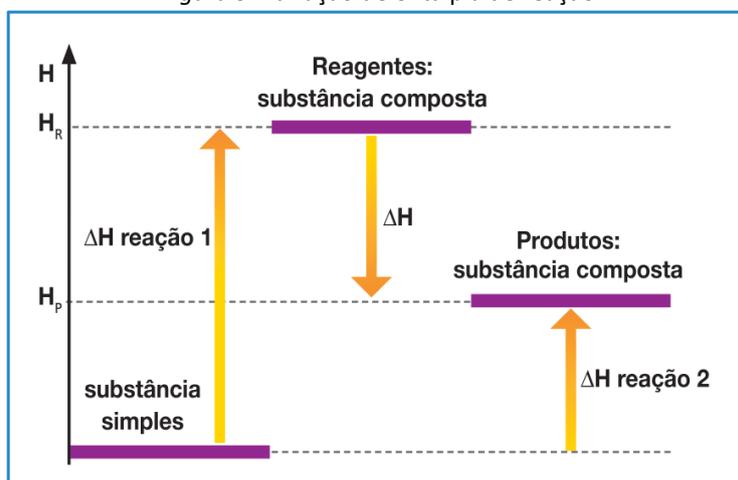
**Recursos:** lousa, livro didático.

### Descrição das atividades

**1º momento:** o professor pode optar, nesta aula, por trabalhar o conceito da Lei de Hess utilizando o livro didático adotado pela escola. Analisar se o conteúdo do livro adotado atende à metodologia de ensino para esta aula; caso verifique que o livro não atenda a sua realidade, utilize outros recursos para complementar a aula.

**2º momento:** quando iniciar sua exposição, o professor pode citar que quem percebeu e postulou a possibilidade de calcular o valor da entalpia de formação das substâncias através do valor da entalpia das reações foi o médico suíço Henri Hess. Então continua explicando que a variação de entalpia corresponde à diferença entre as entalpias de formação dos produtos e reagentes, e que a variação de uma reação independe do caminho percorrido para chegar até os produtos. Ou seja, a Lei de Hess demonstra que tanto partindo de uma reação direta como de uma sequência de reações, a variação de energia é sempre a mesma. O professor poderá utilizar esquematicamente a figura 9.

Figura 9: variação de entalpia de reação



Fonte: SANTOS; MOL. 2016, p. 267.

**3º momento:** o professor lança exemplos mais próximos do cotidiano dos alunos sobre a aplicação da Lei de Hess.

Sugestão de exemplo: aplicar a Lei de Hess para calcular a entalpia de formação do monóxido de carbono (CO):



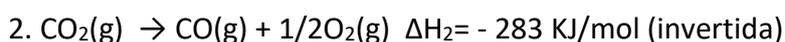
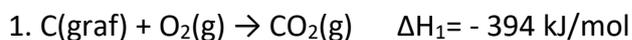
Podendo trabalhar com o seguinte conjunto de equações:



O professor, neste momento, explica aos alunos que as equações intermediárias são ajustadas de acordo com a equação de formação do monóxido de carbono (invertidas, muda-se o sinal da  $\Delta H$ ; ou multiplicadas para acertar os coeficientes estequiométricos) e somadas como se fossem equações matemáticas.

**Observação:** em alguns exemplos de aplicação da Lei de Hess é necessário que o professor explique a estequiometria da reação, pois, no exemplo dado, não houve necessidade de acertar os coeficientes estequiométricos.

Assim, o professor conclui montando as equações:



### Sugestão de leitura

<https://www.manualdaquimica.com/fisico-quimica/lei-hess.htm>

<b>AULA 7</b>
---------------

**Conteúdo:** CALOR E TEMPERATURA, LEI DE HESS, ENTALPIA E VARIAÇÃO DE ENTALPIA E REAÇÕES ENDOTÉRMICAS E EXOTÉRMICAS.

**Objetivos:** reconhecer que uma transformação química pode ocorrer com liberação ou absorção de energia na forma de calor; reconhecer e representar transformação química por meio de equações; distinguir transformação química endotérmica e exotérmica pela quantidade de calor gerada ou absorvida ao final do processo; compreender os procedimentos utilizados para efetuar cálculos de calores de reação; compreender os procedimentos utilizados para efetuar cálculos utilizando a Lei de Hess.

**Recursos:** lousa, livro didático.

#### **Descrição das atividades**

**1º momento:** o professor pede aos estudantes que formem pequenos grupos de cinco pessoas e resolvam os exercícios da lista proposta por ele.

O professor discute as questões com os alunos percebendo suas dificuldades e relembrando conceitos já trabalhados em outras aulas. Cabe ao professor refletir se os exercícios propostos atendem ao ensino-aprendizagem dos alunos e propor outros de acordo com o contexto de sua sala de aula. Caso o professor perceba que os alunos têm dificuldade de aplicar os conceitos referentes à Lei de Hess, pode, neste momento, propor estratégias e chamá-los em outras oportunidades (aulas de reforço, módulos que o professor tem que cumprir na escola).

**Sugestão de exercícios:** Livro Química Cidadã,

Página	Questões número
255	16, 18 e 19
271	20, 21, 22, 23, 24 e 26
272	28 e 37
273	46
274	49 e 51

SANTOS, W. L. P.; MOL, G. S. (coord.). **Química cidadã**: ensino médio, vol. 2, 3ª ed., São Paulo: Editora AJS, 2016.

## AULA 8

**Conteúdo:** CALOR, TEMPERATURA, LEI DE HESS, ENTALPIA E VARIAÇÃO DE ENTALPIA E REAÇÕES ENDOTÉRMICAS E EXOTÉRMICAS.

**Objetivo:** avaliar a aprendizagem.

**Recursos:** folhas fotocopiadas.

### Descrição das atividades

**1º momento:** como sugestão, o professor pode utilizar esta aula para avaliar o comportamento dos estudantes ao resolverem questões em uma Atividade Avaliativa. De acordo com sua realidade, o professor pode construir um instrumento de avaliação que atenda às suas expectativas em relação aos conteúdos trabalhados durante suas aulas.

Deixar um tempo da aula para que os alunos façam a Atividade Avaliativa.

O professor poderá verificar se os alunos buscam alternativas próprias de respostas para as questões e quanto tempo eles ficam envolvidos com atividades dessa natureza. Também deve observar se os conteúdos trabalhados nas aulas ajudaram os alunos na aprendizagem dos conceitos ligados a Termoquímica.

### Sugestão de avaliação:

1. Uma técnica muito recomendada para abaixar a temperatura corporal da criança com febre seria passar um pano, umedecido numa mistura de água e álcool, em regiões do corpo como pescoço, axilas virilhas, barriga. Esse procedimento é muito recomendado pelos pediatras, porque tem um efeito rápido. Escreva uma possível explicação para o fato.
2. Os termos “quente”, “frio” e “calor” têm diferentes significados na ciência e em nosso dia a dia. “Quente” pode significar “em temperatura mais levada” (“o ferro está quente”), “que transmite calor” (“sol quente”) ou “que tem propriedade de conservar calor” (tecido quente). “Frio”, da mesma forma pode significar “em temperatura mais baixa” ou “que tem a propriedade de não conservar calor”. Já “calor” pode significar “qualidade do que é

quente” (“o calor do sol”, “o calor da lareira”) ou “a sensação que se experimenta em ambiente aquecido”. A respeito dos conceitos científicos para o tema, julgue os itens com **C** para corretos e para os errados.

A) Quando se diz que um material de madeira é mais quente do que o de metal, na linguagem científica se diz que a madeira conserva, durante um tempo maior, mais calor do que o metal;

B) Quando você diz que sente mais calor ao tocar um objeto de madeira do que ao tocar um objeto metálico, na realidade o que você está querendo dizer é que a transferência de energia é mais rápida quando se toca o objeto metálico;

C) No estudo da Termodinâmica (Termoquímica), os significados de “frio” e “quente” decorrem da comparação da temperatura de dois ou mais sistemas;

D) A temperatura mais alta corresponde ao frio e a mais baixa, ao quente.

E) Calor (Q) é definido como a transferência de energia térmica entre corpos de temperaturas diferentes.

3. Muitas pessoas acham que tomar bebida fria em recipientes de alumínio é bom porque fica mais fria. Estão enganadas. Embora pareçam mais frios quando segurados, esses recipientes têm uma desvantagem: a bebida “esquenta” mais depressa. Todo esse engano se deve ao fato de que usamos os conceitos erradamente, baseando-nos em sensações e conceitos ultrapassados. A respeito do conceito de calor, julgue os itens com **C** para os corretos e para os errados.

A) Se você colocar um objeto em temperatura ambiente dentro de uma geladeira ele fica mais frio, porque perde calor para a geladeira;

B) O calor vai sempre se transferir para o objeto mais quente, ou seja, de maior temperatura, até ambos terem a mesma temperatura.

C) Expressões como “essa blusa é muito quente!” dá a ideia de que a blusa possui muito calor. Na verdade a blusa não é quente, mas impede que o corpo ceda calor para o ambiente frio.

D) De acordo com Sistema Internacional de Unidades – SI, a unidade para medir energia é o joule, cujo símbolo é J.

4. Em relação aos aspectos energéticos envolvidos nas transformações químicas podemos afirmar:

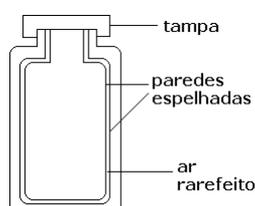
A) a queima da parafina de uma vela exemplifica um processo endotérmico.

B) a vaporização da água de uma piscina pela ação da luz solar exemplifica um processo endotérmico.

C) a combustão do álcool hidratado em motores de automóveis exemplifica um processo endotérmico.

D) a formação de um *iceberg* a partir da água do mar exemplifica um processo endotérmico.

5. Abaixo está a imagem de uma garrafa térmica. Ela possui vários mecanismos que evitam que haja transferência de calor do seu interior para a vizinhança. O ar rarefeito dificulta a condução de energia e a troca de calor entre a garrafa e a sua vizinhança. A tampa é feita de um material isolante, entre outros mecanismos.



As garrafas de café possuem esta estrutura para:

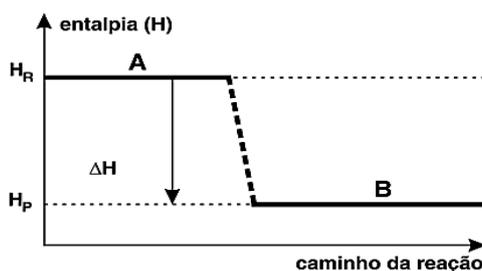
A) evitar que o calor do líquido seja transferido para a vizinhança.

B) fazer com que o calor fique isolado no espaço vazio da máquina.

C) fazer com que o calor da vizinhança (parte exterior a garrafa) se conserve.

D) caso não haja transferência de calor, a energia presente na garrafa ser constante.

6. Considere o gráfico a seguir:



De acordo com o gráfico acima, indique a opção que completa, respectivamente, as lacunas da frase a seguir:

“A variação da entalpia,  $\Delta H$ , é .....; a reação é ....., porque se processa ..... calor.”

A) positiva, exotérmica, liberando.

B) positiva, endotérmica, absorvendo.

C) negativa, endotérmica, absorvendo.

D) negativa, exotérmica, liberando.

7. Considere as afirmações a seguir, segundo a Lei de Hess.

I) O calor de reação ( $\Delta H$ ) depende apenas dos estados inicial e final do processo.

II) As equações termoquímicas podem ser somadas como se fossem equações matemáticas.

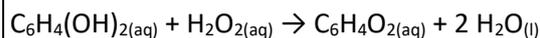
III) Podemos inverter uma equação termoquímica, desde que se não inverta o sinal de  $\Delta H$ .

IV) Se o estado final do processo for alcançado por vários caminhos, o valor de  $\Delta H$  dependerá da metade dos estados intermediários através dos quais o sistema pode passar.

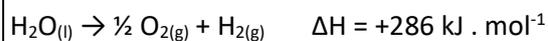
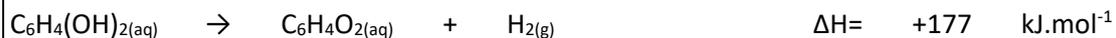
Das afirmações, corrija as incorretas.

8. O besouro bombardeiro espanta seus predadores expelindo uma solução quente.

Quando ameaçado, em seu organismo ocorre a mistura de soluções aquosas de hidroquinona, peróxido de hidrogênio e enzimas, que promovem uma reação exotérmica, representada por:



O calor envolvido nessa transformação pode ser calculado, considerando-se os processos:



Assim sendo, calcule o calor envolvido na reação que ocorre no organismo do besouro.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir desta sequência didática, que foi planejada a partir das experiências vivenciadas ao longo do mestrado em Ensino de Ciências e Matemática (PPGECM – UFU), foi possível verificar que a metodologia empregada contribuiu para que os alunos estivessem abertos para compreenderem os conceitos científicos sobre calor e temperatura com a utilização de objetos, como os bloquinhos de madeira e metal, e de questões norteadoras sobre as concepções de calor e temperatura usados em seu dia a dia, assim como a discussão de exercícios propostos em livros didáticos ajudaram a criar um ambiente de discussão em torno dos termos “quente” e “frio”. A proposta aqui apresentada é fruto destas vivências na educação básica e das reflexões oportunizadas pelas disciplinas, pelo diálogo com o orientador e com os membros das bancas de qualificação e defesa.

A proposta foi pensada para auxiliar o planejamento dos professores de Química, buscando metodologias diversificadas encontradas em diferentes livros didáticos aprovados no PNLD de 2016. Portanto, com o propósito de buscar novas alternativas para os processos de ensino-aprendizagem para conteúdo de Termoquímica, resultaram na elaboração deste material didático visando contribuir para a aprendizagem dos alunos sobre os conceitos básicos relacionados ao estudo da Termoquímica.

Espera-se que este material didático, que é o produto da dissertação *“Proposta e análise de uma sequência didática para abordar o conteúdo de termoquímica no ensino médio”*, possa ser utilizado por professores e futuros professores de Química da Educação Básica como ferramenta didática, proporcionando melhorias aos processos de ensino-aprendizagem dos alunos acerca do conteúdo de Termoquímica.