

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
FACULDADE DE EDUCAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO:  
CONHECIMENTO E INCLUSÃO SOCIAL

Alexandre da Silva Ferry

**ANÁLISE ESTRUTURAL E MULTIMODAL DE ANALOGIAS EM UMA SALA DE  
AULA DE QUÍMICA**

Belo Horizonte

2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
FACULDADE DE EDUCAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO:  
CONHECIMENTO E INCLUSÃO SOCIAL

Alexandre da Silva Ferry

**ANÁLISE ESTRUTURAL E MULTIMODAL DE ANALOGIAS EM UMA SALA DE  
AULA DE QUÍMICA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação  
Conhecimento e Inclusão Social da Faculdade de  
Educação da Universidade Federal de Minas Gerais  
como requisito parcial para obtenção do título de  
Doutor em Educação.

Orientador: Prof. Dr. Helder de Figueirêdo e Paula  
Linha de Pesquisa: Educação e Ciências

Belo Horizonte

2016

*Dedico este trabalho  
à minha mãe, Ana Maria da Silva Oliveira,  
pelo amor e apoio essenciais nessa jornada,  
ao meu pai, Edson Ferry Oliveira Filho (in memoriam),  
à minha irmã, Josiene da Silva Ferry,  
e à minha sobrinha, "princesa do meu coração",  
Ana Clara da Silva Ferry Pereira.*

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por ter me concedido, através de sua misericórdia e amor infinitos, saúde e capacidade para concretizar mais uma conquista em minha vida profissional e acadêmica.

Ao meu orientador e professor, Helder de Figueiredo e Paula, pela acolhida, por sua generosidade, por seus conhecimentos compartilhados e pelo auxílio durante essa jornada.

Ao Prof. Dr. Ronaldo Luiz Nagem pela parceria, apoio e incentivo desde o período do mestrado.

Aos amigos e colegas do GEMATEC pelas inúmeras contribuições e oportunidades concedidas para que eu pudesse compartilhar e desenvolver meu referencial teórico e minha análise dos dados da pesquisa.

Aos amigos e colegas professores do CEFET-MG pelo incentivo.

À Diretora Rosani Lúcia Soares Lima e professores da Faculdade Pitágoras que permitiram que eu realizasse minhas observações e registros de campo.

Ao Prof. Dr. Geraldo José da Silva pela generosidade e contribuição.

Aos meus parceiros de doutorado, Renato Pontone e Vanessa Cappelle, pelos valiosos momentos de cooperação e produção acadêmica.

Aos professores que tive a oportunidade de conviver e com os quais pude aprender durante as disciplinas que cursei na Faculdade de Educação da UFMG: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Danusa Munford, Prof. Dr. Eduardo Mortimer, Prof. Dr. Francisco Coutinho, Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Marina Tavares, Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup>. Paula Mendonça, Prof. Dr. Orlando Aguiar e Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Rosária Justi.

“Sem dúvida, seria mais simples ensinar só o resultado. Mas o ensino dos resultados da ciência nunca é um ensino científico. Se não for explicada a linha de produção espiritual que levou ao resultado, pode-se ter certeza de que o aluno vai associar o resultado a suas imagens mais conhecidas”.

Gaston Bachelard (*A formação do espírito científico*. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996)

FERRY, Alexandre da Silva. *Análise Estrutural e Multimodal de Analogias em uma Sala de Aula de Química*. Orientador: Helder de Figueirêdo e Paula. 2016. 170 f. Tese (Doutorado em Educação). Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte.

## RESUMO

Esta pesquisa está inserida tanto entre os estudos sobre o uso de analogias na Educação em Ciências, quanto entre aqueles que investigam as interações entre professores e estudantes como eventos multimodais, sob a orientação da Semiótica Social. O problema que nos orientou foi: quais são as relações entre as características das analogias construídas por um professor de Química experiente e os recursos expressivos por ele utilizados? Em acordo com a Teoria do Mapeamento Estrutural das analogias, de Dedre Gentner, bem como com a *Multiconstraint theory* de Keith Holyoak e Paul Thagard, nós concebemos as analogias como comparações relacionais, ou seja, como um tipo de comparação cujo foco é o estabelecimento de correspondências entre as relações presentes em um domínio base, ou familiar, que é utilizado como fonte de conhecimentos, e aquelas existentes em um domínio desconhecido ou pouco familiar, que se apresenta como alvo de um processo de compreensão. Em acordo com a Semiótica Social nós presumimos que a construção de analogias nas salas de aula de Ciências envolveria a orquestração de múltiplos modos de comunicação. Os dados que constituem o *corpus* da pesquisa foram gerados a partir de gravações em áudio e vídeo de aulas ocorridas em uma instituição privada de ensino superior em Belo Horizonte, durante o primeiro semestre letivo do ano de 2014. Nossa análise evidenciou: (i) a complexidade das relações estabelecidas no interior das analogias e a forma como elas são preparadas a partir de comparações menos complexas; (ii) o potencial do mapeamento estrutural de comparações como ferramenta para a análise do uso desse recurso discursivo como uma mediação no ensino de Química; (iii) a importância da orquestração de múltiplos modos de comunicação como um aspecto central dos processos de estabelecimento de correspondências que constituem as analogias. Em síntese, nossa unidade de análise nos permitiu compreender a articulação entre aspectos estruturais e expressivos do processo de construção de analogias em sala de aula.

**Palavras chave:** Analogias, Multimodalidade, Ensino de Química

FERRY, Alexandre da Silva. *Análise Estrutural e Multimodal de Analogias em uma Sala de Aula de Química*. Orientador: Helder de Figueirêdo e Paula. 2016. 170 f. Tese (Doutorado em Educação). Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte.

### **ABSTRACT**

This research is among studies about the use of analogies in Science Education and also among those investigating the interactions between teachers and students as multimodal events, under the guidance of Social Semiotics. Our research problem was: what are the relations between the characteristics of the analogies built by a seasoned Chemistry teacher and the expressive resources used by him? According to Dedre Gentner's Structure-Mapping Theory of Analogies, as well as the Keith Holyoack's and Paul Thagard's Multiconstraint theory, we conceive analogies as relational comparisons, that is, a kind of comparison in which the focus is the establishment of correspondences between the relations in a base domain (or a familiar domain) used as a source of knowledge, and those existent in a unknown domain, or a less familiar one, that is the target of a comprehension process. According to Social Semiotics we presume that the construction of analogies in Science classrooms involves the orchestration of multiple modes of communication. We generated our data from audio and video recordings of Chemistry Classes. These classes occurred in a private institution of higher education in Belo Horizonte city, during the first semester of 2014. Our analysis showed: (i) the complexity of the established relations inside analogies and the way they are prepared from less complex comparisons; (ii) the potential of structural mapping of the comparisons as a tool for understanding this discursive resource as a mediator for Chemistry teaching; (iii) the importance of the orchestration of multiple modes of communication as a central aspect of the establishment of correspondences that compounds analogies. In summary, our unit of analysis allowed us to understand the articulation between structural and expressive aspects of the construction process of analogies in a classroom.

**Keywords:** Analogies, Multimodality, Chemistry teaching

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1</b> – ESPAÇO DE SIMILARIDADES MOSTRANDO DIFERENTES TIPOS DE COMPARAÇÃO EM FUNÇÃO DO NÚMERO DE RELAÇÕES E DE ATRIBUTOS COLOCADOS EM CORRESPONDÊNCIA.....	53
<b>FIGURA 2</b> – REPRESENTAÇÃO DA ESTRUTURA RELACIONAL COMUM DA ANALOGIA ENTRE O MODELO ATÔMICO DE RUTHERFORD E O SISTEMA SOLAR.....	58
<b>FIGURA 3</b> – CONDIÇÕES BÁSICAS DE ISOMORFISMO EM UMA ANALOGIA PARA HOLYOAK & THAGARD (1989)	60
<b>FIGURA 4</b> – EXEMPLO DE ISOMORFISMO EM UMA ANALOGIA CLÁSSICA NO ENSINO DE QUÍMICA. ....	60
<b>FIGURA 5</b> – DOIS CASOS DE COMPARAÇÕES ENVOLVENDO SIMILARIDADES SEMÂNTICAS DISTINTAS: (1º) ALTA SIMILARIDADE SEMÂNTICA; (2º) BAIXA SIMILARIDADE SEMÂNTICA.....	61
<b>FIGURA 6</b> – DIAGRAMA DAS FUNÇÕES DOS GESTOS SEGUNDO A TEORIA DE KENDON (2004). ....	73
<b>FIGURA 7</b> – REFERENCIAIS TEÓRICOS E CONCEITOS ESTRUTURANTES A PARTIR DOS QUAIS NÓS A CONSTRUÍMOS NOSSA UNIDADE DE ANÁLISE. ....	74
<b>FIGURA 8</b> – PADRÃO DE REPRESENTAÇÃO DE UMA UNIDADE GESTUAL. ....	80
<b>FIGURA 9</b> – EXEMPLO DE REPRESENTAÇÃO DA ORQUESTRAÇÃO ENTRE O MODO VERBAL ORAL E OUTROS MODOS. ....	84
<b>FIGURA 10</b> – SEQUÊNCIA METODOLÓGICA ADOTADA PARA A ANÁLISE ESTRUTURAL E EXPRESSIVA DA CONSTRUÇÃO DE ANALOGIAS EM UM EPISÓDIO DE ENSINO. ....	85
<b>FIGURA 11</b> – LINHA DO TEMPO DA AULA SOBRE CINÉTICA QUÍMICA DO ENCONTRO OCORRIDO NO DIA 07/05/14, COM IDENTIFICAÇÃO DAS 13 COMPARAÇÕES ENUNCIADAS, POR MEIO DE LETRAS. ....	92
<b>FIGURA 12</b> – APARÊNCIA FINAL DOS GRÁFICOS CONSTRUÍDOS NA LOUSA PELO PROFESSOR.....	109
<b>FIGURA 13</b> – ESTRUTURA RELACIONAL COMUM DA ANALOGIA <b>I</b> . ....	113
<b>FIGURA 14</b> – ISOMORFISMO ENTRE RELAÇÕES PARAFRASEADAS NO MAPEAMENTO DA ANALOGIA <b>I</b> .....	115
<b>FIGURA 15</b> – ESTRUTURA RELACIONAL COMUM DA ANALOGIA <b>M</b> .....	118
<b>FIGURA 16</b> – ISOMORFISMO ENTRE OS TEXTOS QUE DESCREVEM A CORRESPONDÊNCIA DO QUINTO ELEMENTO INTRODUZIDO NA ANALOGIA <b>M</b> . ....	119
<b>FIGURA 17</b> – DIVERSIDADE DOS MODOS GESTUAIS E ACIONAIS EMPREGADOS PELO PROFESSOR PARA CONSTRUIR AS ANALOGIAS <b>I</b> E <b>M</b> .....	134
<b>FIGURA 18</b> – IMAGENS CAPTURADAS DO REGISTRO EM VÍDEO DOS MODOS 18A, 19A, 20A E 20B, CONFORME OS CÓDIGOS DOS QUADROS 36 E 38.....	138
<b>FIGURA 19</b> – IMAGENS CAPTURADAS DO REGISTRO EM VÍDEO DOS MODOS CODIFICADOS NOS QUADROS 36 E 38 COMO 31B, 32A, 32B, 33A, 34A E 35A. ....	140



## LISTA DE QUADROS

<b>QUADRO 1</b> – EXPRESSÕES BOOLEANAS E NÚMEROS DE ARTIGOS SOBRE ANALOGIAS NA EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS ENCONTRADOS NA BASE ERIC PROQUEST A PARTIR DE 1983. ....	27
<b>QUADRO 2</b> – EXPRESSÕES BOOLEANAS E NÚMEROS DE ARTIGOS SOBRE MULTIMODALIDADE NO CONTEXTO DA EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS ENCONTRADOS NA BASE ERIC PROQUEST A PARTIR DE 1990.....	28
<b>QUADRO 3</b> – EXPRESSÕES BOOLEANAS E NÚMERO DE ARTIGOS ENCONTRADOS NA BASE <i>WILEY ONLINE LIBRARY</i> SOBRE ANALOGIAS NA EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS A PARTIR DE 1983. ....	29
<b>QUADRO 4</b> – EXPRESSÕES BOOLEANAS E NÚMERO DE ARTIGOS ENCONTRADOS NA BASE <i>WILEY ONLINE LIBRARY</i> SOBRE MULTIMODALIDADE NO CONTEXTO DA EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS A PARTIR DE 1990.....	30
<b>QUADRO 5</b> – EXPRESSÕES BOOLEANAS E NÚMERO DE ARTIGOS SOBRE ANALOGIAS E MULTIMODALIDADE NA EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS ENCONTRADOS NA BASE SCIELO BRASIL.....	32
<b>QUADRO 6</b> – ARTIGOS SOBRE ANALOGIAS E MULTIMODALIDADE NO CONTEXTO DA EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS ENCONTRADOS POR MEIO DE BUSCA DIRETA NOS PORTAIS DE PERIÓDICOS NACIONAIS. ....	33
<b>QUADRO 7</b> – QUANTIDADES DE ARTIGOS SELECIONADOS PARA A CONSTITUIÇÃO DO <i>CORPUS</i> DA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA. ....	34
<b>QUADRO 8</b> – SÍNTESE DOS ASPECTOS DISCUTIDOS POR FERRAZ E TERRAZZAN (2002) EM SUA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE O USO DE ANALOGIAS POR PROFESSORES.....	39
<b>QUADRO 9</b> – RESULTADOS DAS BUSCAS EM TRÊS BASES POR MEIO DA ASSOCIAÇÃO DE DESCRITORES DOS CAMPOS DA ANALOGIA E DA MULTIMODALIDADE NA EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS. ....	49
<b>QUADRO 10</b> – TEORIAS QUE SUSTENTAM NOSSA UNIDADE DE ANÁLISE. ....	50
<b>QUADRO 11</b> – PREDICADOS MAPEADOS EM DIFERENTES TIPOS DE COMPARAÇÕES ENTRE DOMÍNIOS.....	52
<b>QUADRO 12</b> – PARALELO ENTRE OS TRÊS TIPOS DE RESTRIÇÕES DESCRITAS POR HOLYOAK & THAGARD (1989) E OS TRÊS PRINCÍPIOS QUE CARACTERIZAM AS ANALOGIAS DE GENTNER & MARKMAN (1997). ....	64
<b>QUADRO 13</b> – SÍMBOLOS USADOS NA REPRESENTAÇÃO DAS CORRESPONDÊNCIAS.....	79
<b>QUADRO 14</b> – ÍCONES USADOS PARA REPRESENTAR AS FUNÇÕES DOS GESTOS. ....	81
<b>QUADRO 15</b> – ÍCONES USADOS PARA REPRESENTAR OS MODOS ACIONAIS DE COMUNICAÇÃO. ....	81
<b>QUADRO 16</b> – EXEMPLOS DE TRANSCRIÇÕES MULTIMODAIS. ....	82
<b>QUADRO 17</b> – DOMÍNIOS E PROPÓSITOS DAS COMPARAÇÕES ESTABELECIDAS PELO PROFESSOR. ....	87
<b>QUADRO 18</b> – COMPARAÇÕES ENUNCIADAS DURANTE AS AULAS DO ENCONTRO DO DIA 07/05/14.....	93
<b>QUADRO 19</b> – MAPEAMENTO ESTRUTURAL DA COMPARAÇÃO <b>A</b> . ....	96
<b>QUADRO 20</b> – MAPEAMENTO ESTRUTURAL DA COMPARAÇÃO <b>B</b> . ....	97
<b>QUADRO 21</b> – MAPEAMENTO ESTRUTURAL DA COMPARAÇÃO <b>C</b> . ....	98

<b>QUADRO 22</b> – MAPEAMENTO ESTRUTURAL DA COMPARAÇÃO <b>D</b> .....	100
<b>QUADRO 23</b> – MAPEAMENTO ESTRUTURAL DA COMPARAÇÃO <b>E</b> .....	101
<b>QUADRO 24</b> – MAPEAMENTO ESTRUTURAL DA COMPARAÇÃO <b>F</b> .....	101
<b>QUADRO 25</b> – MAPEAMENTO ESTRUTURAL DA CONTINUAÇÃO DA COMPARAÇÃO <b>F</b> .....	102
<b>QUADRO 26</b> – MAPEAMENTO ESTRUTURAL DA COMPARAÇÃO <b>G</b> .....	104
<b>QUADRO 27</b> – MAPEAMENTO ESTRUTURAL DA COMPARAÇÃO <b>H</b> .....	105
<b>QUADRO 28</b> – MAPEAMENTO ESTRUTURAL DA COMPARAÇÃO <b>I</b> .....	106
<b>QUADRO 29</b> – MAPEAMENTO ESTRUTURAL DA COMPARAÇÃO <b>J</b> .....	108
<b>QUADRO 30</b> – MAPEAMENTO ESTRUTURAL DA COMPARAÇÃO <b>K</b> .....	109
<b>QUADRO 31</b> – MAPEAMENTO ESTRUTURAL DA COMPARAÇÃO <b>L</b> .....	110
<b>QUADRO 32</b> – MAPEAMENTO ESTRUTURAL DA COMPARAÇÃO <b>M</b> .....	111
<b>QUADRO 33</b> – QUANTIDADES DE CORRESPONDÊNCIAS MAPEADAS NAS COMPARAÇÕES NO 5º ENCONTRO.....	112
<b>QUADRO 34</b> – PROPOSIÇÕES ENUNCIADAS PELO PROFESSOR NA CONSTRUÇÃO DA ANALOGIA <b>I</b> .....	114
<b>QUADRO 35</b> – TRANSCRIÇÃO MULTIMODAL DA CONSTRUÇÃO DA ANALOGIA <b>I</b> .....	121
<b>QUADRO 36</b> – TRANSCRIÇÃO MULTIMODAL DA CONSTRUÇÃO DA ANALOGIA <b>M</b> .....	122
<b>QUADRO 37</b> – DESCRIÇÃO DOS MÚLTIPLOS MODOS ENVOLVIDOS NA CONSTRUÇÃO DA ANALOGIA <b>I</b> .....	124
<b>QUADRO 38</b> – DESCRIÇÃO DOS MÚLTIPLOS MODOS ENVOLVIDOS NA CONSTRUÇÃO DA ANALOGIA <b>M</b> .....	126
<b>QUADRO 39</b> – MAPEAMENTO MULTIMODAL DAS RELAÇÕES EM CORRESPONDÊNCIA NA ANALOGIA <b>I</b> .....	131
<b>QUADRO 40</b> – MAPEAMENTO MULTIMODAL DAS RELAÇÕES EM CORRESPONDÊNCIA NA ANALOGIA <b>M</b> .....	132
<b>QUADRO 41</b> – NÚMERO DE VEZES EM QUE O PROFESSOR UTILIZOU MODOS GESTUAIS E ACIONAIS NA CONSTRUÇÃO DAS ANALOGIAS <b>I</b> E <b>M</b> .....	134

## LISTA DE SIGLAS

ABRAPEC	Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências
AMTEC	Analogias e Metáforas na Tecnologia, na Educação e na Ciência
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CEFET-MG	Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais
DA	Domínio alvo
DB	Domínio base
EENCI	Experiências em Ensino de Ciências
ENPEC	Encontro Nacional de Pesquisas em Educação em Ciências
ERIC	<i>Educational Resources Information Center</i>
GEMATEC	Grupo de Estudos em Metáforas, Modelos e Analogias na Tecnologia, na Educação e na Ciência
IENCI	Investigações no Ensino de Ciências
LASERA	<i>Latin American Science Education Research Association</i>
MEC	Ministério da Educação
MPEC	Mediação Pedagógica na Educação em Ciências
QNEsc	Química Nova da Escola
RBPEC	Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências
SBQ	Sociedade Brasileira de Química
SciELO	<i>Scientific Electronic Library Online</i>
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
UFMS	Universidade Federal do Mato Grosso do Sul
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
Unicamp	Universidade Estadual de Campinas

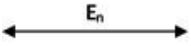
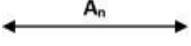
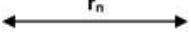
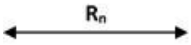

## LISTA DE NOTAÇÕES E SÍMBOLOS

$O_{b1}$	Primeiro objeto da base
$O_{b2}$	Segundo objeto da base
$O_{t1}$	Primeiro objeto do alvo ( <i>target</i> )
$O_{t2}$	Segundo objeto do alvo ( <i>target</i> )
$R_b$	Relação na base
$R_t$	Relação no alvo ( <i>target</i> )
$m$	Mapeamento

### *Nas transcrições das falas*

/	Pausa breve
( )	Pausas mais longas com duração em segundos
[ ]	Ocorrência de discursos simultâneos
//	Interrupção do discurso
(( ))	Utilizado na inserção de comentários
...	Situações em que o sujeito não completou sua enunciação
[...]	Trechos de fala não transcritos
!	Mudança de entonação associada a afirmações enfáticas ou exclamativas
?	Mudança de entonação associada a afirmações enfáticas ou exclamativas

### *Nos mapeamentos estruturais*

	Correspondências entre elementos (E)
	Correspondências entre atributos (A)
	Correspondências entre relações de primeira ordem, isto é, de menor complexidade (r)
	Correspondências entre relações de segunda ordem ou de ordem superior, isto é, de maior complexidade (R)
	Limitação da comparação; diferença alinhável

### *Nas transcrições e mapeamentos multimodais*

~~~~~	Fase da preparação de um gesto
ÍCONE****	Fase do golpe de um gesto
*****	Fase da sustentação de um golpe gestual
-----	Fase do retorno à posição de conforto após o golpe gestual
-----	Extensão de um modo acional
	Gestos referenciais dêiticos
	Gestos referenciais representacionais de modelagem
	Gestos referenciais representacionais de descrição figurativa
	Gestos referenciais representacionais de ação
	Gestos pragmáticos de modalização
	Gestos pragmáticos performativos
	Gestos pragmáticos de partição
	Inscrição na lousa
	Interação com imagens
	Movimentos de cabeça
	Mudança de postura corporal
	Direcionamento do olhar
	Proxêmica
	Manipulação de Objetos
	Modo verbal oral

## SUMÁRIO

---

<b>Capítulo 1 – Introdução</b> .....	16
1.1. Apresentação do Tema e Objeto de estudo .....	16
1.2. Apresentação do Pesquisador .....	17
1.3. Os Dois Campos de Estudos nos quais a pesquisa se insere .....	19
O Campo das Analogias na Educação em Ciências.....	19
O Campo da Comunicação Multimodal.....	20
1.4. Justificativa .....	22
1.5. Panorama do Trabalho .....	23
<b>Capítulo 2 – Revisão Bibliográfica</b> .....	25
2.1 - Metodologia da Revisão Bibliográfica .....	25
2.2 - Analogias na Educação em Ciências .....	34
2.2.1- A revisão de literatura feita por Dagher (1995b).....	34
2.2.2- A revisão de literatura feita por Duarte (2005) .....	35
2.2.3- A revisão de literatura feita por Mozzer & Justi (2015) .....	36
2.2.4- A revisão de literatura feita por Ferraz e Terrazzan (2002) .....	38
2.2.5- Estudos sobre a Construção de Analogias nas salas de aula de Ciências.....	41
2.3 - Estudos no Campo da Multimodalidade .....	44
2.4 - Analogias e a Comunicação Multimodal na Educação em Ciências.....	48
<b>Capítulo 3 – Referencial Teórico e Unidade de Análise</b> .....	50
3.1 - Teoria do Mapeamento Estrutural das Analogias .....	50
3.2 - As Analogias e a Teoria das Múltiplas Restrições .....	59
3.3 - Um Referencial para a Dimensão Estrutural da Análise .....	63
3.4 - Teoria Multimodal da Semiótica Social.....	65
3.4.1 - Modos de comunicação na Teoria Multimodal da Semiótica Social .....	66
3.4.2 - Funções dos modos e significados ideacional, interpessoal e textual .....	67
3.5 - Descrição Funcional dos Gestos na Comunicação Humana .....	68
3.6 - A Unidade de Análise .....	74
<b>Capítulo 4 – Metodologia e Contexto da Pesquisa</b> .....	75
4.1 - Contexto e Participantes .....	75
4.2 - Instrumentos e Estratégias para a Produção de Registros .....	76

4.3 - Padrões de Transcrição e de Representação .....	77
4.4 - Etapas e Procedimentos para análise dos registros .....	82
<b>Capítulo 5 – Resultados e Discussão .....</b>	<b>86</b>
5.1 - Análise Preliminar .....	86
5.2 - Mapeamento Estrutural das Comparações.....	95
5.2.1 - Comparação A .....	95
5.2.2 - Comparação B .....	96
5.2.3 - Comparação C.....	97
5.2.4 - Comparações D, E, F & G .....	99
5.2.5 - Comparação H.....	104
5.2.6 - Comparação I.....	106
5.2.7 - Comparação J.....	107
5.2.8 - Comparação K.....	108
5.2.9 - Comparações L e M .....	109
5.3 - Complemento da Análise Estrutural das Analogias I & M.....	113
5.4 - Análise Multimodal das Analogias I & M .....	121
5.4.1 - Intenção Retórica nas analogias I & M.....	121
5.4.2 - Transcrição Multimodal dos episódios das Analogias I e M .....	121
5.4.3 - Descrições dos Modos usados pelo professor nas analogias I & M.....	124
5.4.4 - Mapeamentos Multimodais das Analogias I & M.....	131
5.4.5 - Orquestração Multimodal na construção da Analogias I & M.....	135
5.4.6 - Significados compartilhados durante a construção das Analogias I & M...141	
<b>Capítulo 6 – Considerações Finais.....</b>	<b>143</b>
Referências.....	150
Apêndices .....	163
Anexos.....	170

## CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

---

### 1.1. APRESENTAÇÃO DO TEMA E OBJETO DE ESTUDO

A pesquisa apresentada nesta tese foi produzida a partir do seguinte problema: quais são as relações entre as características das analogias construídas por um professor de Química experiente e os recursos expressivos por ele utilizados?

O trabalho empírico foi desenvolvido, inicialmente, a partir de três questões: (1<sup>a</sup>) que características nos permitem identificar uma comparação estabelecida por um professor como sendo uma analogia?; (2<sup>a</sup>) como o professor articula comparações distintas, mas que tratam de um mesmo tema, conceito ou modelo científico?; (3<sup>a</sup>) como os modos de comunicação utilizados na construção de analogias contribuem para o compartilhamento dos significados ideacionais, interpessoais e textuais que constituem episódios de ensino mediados por analogias?

Iniciamos a resposta a essas questões por meio de uma análise estrutural das comparações estabelecidas pelo professor, sujeito da nossa pesquisa, em uma das aulas na qual ele construiu um maior número de analogias. Em seguida, realizamos uma análise com foco nos aspectos multimodais da construção de duas das analogias que compuseram essa aula.

Nossa pesquisa está inserida na interseção entre os estudos sobre analogias na Educação em Ciências e os estudos no campo da multimodalidade. Dessa forma, concebemos uma unidade de análise constituída por duas dimensões, uma estrutural e outra expressiva. A dimensão estrutural foi baseada, tanto na Teoria do Mapeamento Estrutural das Analogias de Gentner (1983), quanto na *Multiconstraint theory* de Holyoak & Thagard (1989). Para conceber a dimensão expressiva utilizamos como referência a Teoria Multimodal da Semiótica Social de Kress *et al* (2001) e a descrição funcional dos gestos de Kendon (2004).

Para situar nosso problema no campo da pesquisa em Educação em Ciências realizamos uma revisão bibliográfica que foi norteada por duas questões: (i) como o uso de analogias em sala de aula tem sido tratado pela literatura? (ii) o que dizem os trabalhos que estudam a comunicação multimodal nas salas de Ciências sobre o uso analogias em sala de aula? As respostas que obtivemos para essas questões serão apresentadas no capítulo 2 desta tese.

Os dados que constituem o *corpus* dessa pesquisa foram gerados a partir de gravações, em áudio e vídeo, de aulas de um professor de Química ocorridas em uma instituição privada de ensino superior em Belo Horizonte, durante o primeiro semestre letivo do ano de 2014.



## 1.2. APRESENTAÇÃO DO PESQUISADOR

Considerando o pesquisador um ser social que leva para a pesquisa tudo que o constitui como sujeito em interação com o ambiente sócio-histórico em que vive, decidi apresentar um breve histórico da minha trajetória de formação docente, a partir da qual me constituí como professor e pesquisador na área de Educação em Ciências.

Desde o ano de 2001, quando ainda estava cursando a licenciatura em Química na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), eu tive a oportunidade de atuar como professor de Química em escolas de Ensino Médio da rede privada em Belo Horizonte. Na Rede Pitágoras, de 2004 a 2013, trabalhei como consultor pedagógico de professores e coordenadores de escolas parceiras que utilizavam o material didático produzido por essa rede para a Educação Básica. Entre os diversos cursos de aperfeiçoamento que ofereci para os professores de Ciências dessa rede, em 2005, desenvolvi e ministrei um curso sobre analogias e modelos no ensino de Química.

No período de 2006 a 2008, tive a oportunidade de desenvolver minha pesquisa de Mestrado em Educação Tecnológica sobre o uso de analogias no ensino e na aprendizagem de modelos atômicos. Nessa ocasião, investiguei como alguns estudantes do Ensino Médio interpretavam determinadas comparações, feitas por professores e livros didáticos, com o intuito de introduzir esses sujeitos entre aqueles que conhecem e compreendem os modelos atômicos escolares. Alguns dos trabalhos consultados à época e outros com os quais tive contato mais recentemente serão apresentados nas seções 1.3 e 2.2 desta tese.

Durante o mestrado realizado no Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG), eu fui convidado pelo meu orientador, Prof. Dr. Ronaldo Luiz Nagem, a fazer parte de um grupo de pesquisa liderado por ele e denominado Analogias e Metáforas na Tecnologia, na Educação e na Ciência (AMTEC). Esse grupo é vinculado à linha IV do Programa de Pós-graduação do CEFET-MG, que trata dos fundamentos e práticas educativas no ensino de Ciência e Tecnologia. Nessa época, fui coordenador das atividades semanais de um grupo de estudo, aberto a qualquer pesquisador ou professor interessado no tema, que era vinculado ao grupo de pesquisa, conhecido pela sigla GEMATEC (Grupo de Estudos em Metáforas e Analogias na Tecnologia, na Educação e na Ciência). A minha intensa participação no GEMATEC favoreceu o meu contato com parte da literatura disponível nesse campo de estudos e o meu crescente interesse pelo uso de analogias em sala de aula de Ciências.

Em 2011, ainda na Rede Pitágoras, tive a oportunidade de produzir e apresentar um curso gravado e transmitido via satélite como um programa ao vivo para professores de Ciências das escolas parceiras, com duração de uma hora e trinta minutos, intitulado “O uso de analogias e metáforas para o ensino de Química no cotidiano de uma sala de aula”. Nessa ocasião, um dos

professores entrevistados durante o programa comentou a respeito de sua experiência no uso de analogias. Esse professor, colega de trabalho nessa instituição, posteriormente, foi convidado a ser o sujeito da minha pesquisa de doutorado. Na subseção 4.1 serão apresentadas outras informações a respeito desse professor.

Em setembro de 2013, eu apresentei dois trabalhos decorrentes do meu mestrado em um congresso internacional de pesquisas em didática das Ciências ocorrido na cidade de Girona, na Espanha, promovido pela revista *Enseñanza de las Ciencias*. Os dois trabalhos tratavam das concepções de estudantes acerca de analogias elaboradas para o ensino de teorias atômicas.

Em setembro de 2014, eu apresentei no IV Seminário Nacional de Educação Profissional e Tecnológica, promovido pelo CEFET-MG, em Belo Horizonte, um trabalho sobre analogias elaborado no contexto de uma disciplina ministrada pelo Prof. Dr. Eduardo Fleury Mortimer no Programa de Pós-graduação da Faculdade de Educação da UFMG: Leituras contemporâneas de Vygotsky. O artigo tratava do papel mediador de analogias sobre a zona de desenvolvimento proximal no ensino de um tópico de conteúdo da Química.

Logo em seguida, no mês de outubro, participei de um seminário internacional realizado na Cidade do México pela *Latin American Science Education Research Association (LASERA)* com a comunicação oral de um trabalho de revisão sobre modelos de raciocínio analógico. Na conferência realizada por essa mesma associação latino-americana na cidade de Ibagué, na Colômbia, em outubro do ano seguinte (2015), apresentei os resultados de dados obtidos em um piloto da minha pesquisa de doutorado.

Em novembro de 2015, apresentei no X Encontro Nacional de Pesquisas em Educação em Ciências (ENPEC), o primeiro trabalho com resultados parciais da pesquisa de doutorado apresentada nesta tese. Paralelamente à produção desse trabalho, escrevi e submeti um artigo para a revista *Ciência & Educação*, da Universidade Estadual Paulista, campus Bauru. Esse artigo, intitulado “Mapeamento Estrutural de Analogias enunciadas em uma aula sobre Cinética Química”, apresenta parte dos resultados que constituem a subseção 5.2 deste texto.

Há que se dizer, ainda, que, em fevereiro de 2014, eu iniciei a minha carreira como professor efetivo do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico no CEFET-MG, integrando o Departamento de Química dessa instituição e atuando como coordenador de ensino de Química para a formação geral de nível médio. A minha chegada no CEFET-MG como servidor público permitiu o meu retorno às atividades do GEMATEC. Apesar das restrições que essa nova etapa da minha carreira impôs ao tempo que pude dedicar à minha pesquisa de doutorado, a volta ao GEMATEC favoreceu o contato com o estudo das analogias na Educação em Ciências.

A minha participação, a partir de 2013, no grupo de pesquisa “Mediação Pedagógica na Educação em Ciências” (MPEC), coordenado pelos professores Helder de Figueiredo e Paula,

meu orientador, e Adelson Fernandes Moreira, meu colega de trabalho no CEFET-MG, promoveu a minha aproximação com as concepções de multimodalidade e o papel dos gestos na comunicação em sala de aula.

### **1.3. OS DOIS CAMPOS DE ESTUDOS NOS QUAIS A PESQUISA SE INSERE**

#### **O CAMPO DAS ANALOGIAS NA EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS**

Na Educação em Ciências e particularmente no ensino de Química, o uso de analogias é muito comum. O ensino da Química, como reiteram Carvalho & Justi (2005), envolve, muitas vezes, conceitos abstratos e de difícil compreensão. Possivelmente, por causa disso, na tentativa de facilitar o aprendizado, professores e autores de materiais didáticos desenvolvem modelos de ensino e concebem analogias. Esses modelos são representações produzidas com o objetivo específico de ajudar os estudantes a entenderem algum aspecto do conteúdo que se deseja ensinar. O uso de analogias, por sua vez, parte da apresentação de uma situação, um objeto, um fenômeno, isto é, um análogo, que seja semelhante àquele objeto ou fenômeno cuja compreensão se pretende estimular (MÓL, 1999; FERRY, 2008).

Em sua tese de doutorado, Mól (1999) constatou que o uso de analogias é uma prática recorrente entre os professores de Química e parece estar associada à intenção de relacionar conceitos científicos e situações do cotidiano. Nesse caso, o uso de analogias poderia ser interpretado como uma resposta dos professores ao discurso pedagógico que demanda um ensino “mais contextualizado”. De nosso ponto de vista, essa é uma perspectiva pobre ou limitada de contextualização, mas representa um passo à frente da prática de utilizar situações do cotidiano apenas ao final da exposição da teoria, com a intenção de introduzir exemplos ou contextos de “aplicação” dos conceitos. No caso das analogias, o conhecimento do cotidiano é usado como recurso para a compreensão dos conhecimentos das Ciências. Contudo, uma perspectiva forte e mais adequada de contextualização seria aquela na qual os contextos comparecem na condição não apenas de recursos, mas de objetos de estudo, o que levaria os conceitos, modelos e teorias das Ciências à condição de recursos para a problematização e compreensão do cotidiano.

Segundo Abbagnano (1999), o termo analogia tem dois significados fundamentais: primeiro é o sentido próprio e restrito, extraído do uso matemático de igualdade de relações. Esta origem matemática do conceito também é citada por Cachapuz (1989). De acordo com Duarte (2005) esse sentido matemático não é utilizado no campo da Educação em Ciências, dentro do qual a analogia, em geral, é orientada para uma extensão do conhecimento disponível mediante a identificação de semelhanças genéricas, que podem aproximar uma situação

conhecida a outra menos conhecida. Assim, diferentemente do que indica o sentido matemático, a analogia não pressupõe a existência de uma igualdade simétrica, mas antes de uma relação que é colocada em correspondência com outra relação, para esclarecer, estruturar e avaliar o desconhecido a partir do que se conhece.

Glynn (1991) afirma que, em uma analogia, a comparação entre estruturas ou domínios diferentes deve ser explícita. Para Duit (1991), Treagust *et al* (1992) e Mól (1999) semelhanças entre os domínios devem ser, também, estruturais, na medida em que uma analogia indica uma relação entre partes correspondentes de duas estruturas. Mozzer & Justi (2013) dizem algo semelhante ao adotar a concepção de Gentner (1983), na qual o mapeamento do domínio conhecido para o desconhecido envolve predicados relacionais<sup>1</sup> ao invés de meros atributos de elementos. Segundo Gentner (*idem*), as analogias são diferentes de meros jogos de aparência, como o que se estabelece, por exemplo, em frases como “a pirita é como o ouro”. O trabalho de Gentner será apresentado com mais detalhes e profundidade na subseção 3.1 já que constitui um dos referenciais teóricos da pesquisa aqui apresentada.

## **O CAMPO DA COMUNICAÇÃO MULTIMODAL**

O papel da linguagem nos processos de ensino e aprendizagem foi objeto de investigação em diversas pesquisas no campo da Educação em Ciências (p. ex. Driver *et al*, 1999; Scott, Mortimer & Aguiar, 2006). Esses trabalhos foram importantes no sentido de sinalizar como os conceitos das Ciências são introduzidos no espaço social da sala de aula por meio de processos de negociação de sentido a partir dos quais os estudantes podem interpretar os fenômenos estudados pelas Ciências de maneira similar à interpretação construída pelos cientistas. Sem negar a importância dessas pesquisas, Martins, Ogborn & Kress (1999), chamam a atenção para a necessidade de que, nos processos de negociação e compartilhamento de significados nas salas de aula de Ciências, precisamos levar em consideração: (i) como as entidades das Ciências são construídas no discurso; (ii) como linguagem, ação, gestos, relações pessoais se integram em atos de comunicação.

No ensino de Ciências, bem como em outros contextos de comunicação, diferentes modos de comunicação têm papel importante. Kress *et al* (2001) caracterizam a seleção e o uso integrado dos modos de comunicação como um aspecto central da tarefa docente de promover a apropriação da cultura das Ciências por parte dos estudantes. Para esses autores, os significados compartilhados em sala de aula não dependem apenas das potencialidades e limitações dos diversos modos utilizados, isto é, de suas especializações funcionais, mas da própria maneira

---

<sup>1</sup> O termo *predicados relacionais* será retomado e explicado na seção 3.1, no contexto da teoria do mapeamento estrutural das comparações.

como esses modos são orquestrados ou, em outras palavras, utilizados de forma coordenada. Para esses autores: (i) a orquestração dos modos produz seus próprios significados; (ii) os professores contribuem para que os estudantes tenham acesso aos conceitos e à cultura das Ciências, a partir do uso integrado de imagens, ações, manipulação de objetos, fala e assim por diante.

Diversos modos de comunicação serão descritos e caracterizados na subseção 3.4.1 desta tese. Sendo assim, nesta seção, nos restringiremos a exemplificar imagens, ações e gestos como modos de comunicação. Sobre as imagens resgataremos os exemplos dados por Kress (2009) quando ele discute o papel do *Layout* ou a diagramação de livros didáticos. Ele nos mostra como alterações na forma da distribuição de textos e imagens em uma página permitem estabelecer: (i) relações interpessoais diferentes entre o autor e seus leitores; (ii) percursos de leitura distintos que dão origem a diversas possibilidades de interpretação do texto. Após apresentar vários exemplos a esse respeito, o autor formula três questões:

*Pode o layout representar o que se passa no mundo – estados, ações, eventos? O layout pode representar as relações sociais das pessoas envolvidas na comunicação? Pode, ainda, exercer esses dois tipos de função como elementos que compõem um texto com coerência interna e externa?* (Kress, 2009, p. 59).

A resposta de Kress para essas três perguntas é “sim!”. Tendo elegido, previamente, esse conjunto de questões como uma condição necessária e suficiente para designar um conjunto de recursos semióticos como um modo de comunicação, o autor, então, conclui que o *Layout* é sim um modo de comunicação visual.

Cappelle & Paula (2013) nos dão um exemplo do uso de modos acionais empregados por uma professora de Biologia durante um episódio de gestão de sala de aula. Esse ato comunicativo foi marcado por um conjunto de ações da professora: deslocamento pela sala (comportamento proxêmico), manipulação de um objeto (o livro didático), mudança de postura corporal, movimentos de cabeça e direcionamento do olhar.

Além de descrever essas ações e atribuir diferentes significados às mesmas, os autores transcrevem, integralmente, a única frase verbal formulada pela professora durante o segmento da aula analisado. A partir daí eles argumentam que apenas o que foi dito verbalmente não seria suficiente para comunicar aos estudantes que estava em curso uma alteração na dinâmica das interações entre a professora e os estudantes. Nesse sentido, os autores afirmam que, em termos da comunicação, as ações estiveram em primeiro plano na interação entre a professora os estudantes. Além disso, Cappelle & Paula (*idem*) mostram que as ações empreendidas durante a interação atendem aos mesmos requisitos apresentados em Kress (2009) como condições necessárias e suficientes para identificar um sistema de signos como um modo de comunicação: (i) elas transmitem informações sobre entidades, objetos e eventos; (ii) elas estabelecem ou

mantém relações sociais específicas entre os sujeitos em interação; (iii) elas constroem um texto internamente coerente e contextualmente adequado.

Goldin-Meadow & Wagner (2005) analisaram a coordenação entre gestos e fala ou a falta dela com o objetivo de compreender como certos aspectos do pensamento das crianças são revelados por meio da fala. Ao fazer isso, eles oferecem um exemplo do uso de gestos como um modo de comunicação. As crianças que participaram da pesquisa foram questionadas sobre a conservação da quantidade de água vertida de um recipiente alto e estreito para outro recipiente baixo e largo. Uma criança que disse ser diferente a quantidade de água no segundo recipiente, explicou sua resposta centrando-se na altura da água, tanto por meio da fala, quanto por meio dos gestos. Outra, que também afirmou ser diferente a quantidade de água no segundo recipiente, explicou, por meio da fala, que as alturas eram diferentes, mas, por meio dos gestos, sinalizou para a existência de uma diferença simultânea nas larguras dos recipientes que, como sabemos, é uma condição para a criança compreender que a quantidade de líquido se conserva. Esse “descompasso” entre fala e gestos mostra como informações distintas, e parcialmente conflituosas, podem ser apresentadas, simultaneamente, por dois modos de comunicação.

#### **1.4. JUSTIFICATIVA**

A partir dos estudos a que tivemos acesso no campo da comunicação multimodal nós assumimos que a aprendizagem em Ciências não consiste em uma realização meramente linguística, mas envolve a interação de estudantes e professores por meio da orquestração de múltiplos modos de comunicação que incluem, dentre outros, proxêmica, gestos, manipulação de objetos, interação com imagens, mudanças de postura corporal, alterações na entonação da voz e movimentos da cabeça. Dentro dessa perspectiva, nós partimos da hipótese de que a análise de processos de construção de analogias nas salas de aula de Ciências não deveria considerar apenas o que é dito nessas ocasiões. Assim, criamos a expectativa de que aspectos importantes fossem revelados por uma análise dos modos de comunicação usados pelo professor para resgatar conhecimentos dos estudantes a partir de um domínio fonte e utilizar esses conhecimentos para promover uma compreensão de um domínio alvo.

Os estudos sobre o papel das analogias na Educação em Ciências nos ajudam a compreender as potencialidades e os limites das analogias no ensino e na aprendizagem da Química como dependentes, tanto de habilidades do professor no uso desses recursos, quanto das características das analogias. No entanto, não encontramos referências, na grande quantidade de trabalhos que consultamos durante o desenvolvimento da nossa pesquisa, ao papel de múltiplos modos de comunicação usados nas salas de aula de Ciências para a construção de analogias.

## 1.5. PANORAMA DO TRABALHO

Neste primeiro capítulo foram apresentados o tema de estudo, o objeto e o problema de pesquisa, as questões norteadoras do trabalho, uma caracterização do pesquisador, uma apresentação geral dos dois campos de estudo nos quais a pesquisa se insere e nossa justificativa para a termos realizado.

No segundo capítulo, o leitor encontrará uma revisão da literatura sobre o uso de analogias no ensino de Ciências, bem como sobre o uso de múltiplos modos de comunicação nessa área do ensino. O capítulo explicita a metodologia adotada na revisão. Faz, também, uma análise da revisão no sentido de dimensionar possíveis contribuições o nosso trabalho para os dois campos nos quais ele se insere.

No terceiro capítulo apresentamos nossos quatro referenciais teóricos principais e a unidade de análise que construímos a partir deles. A primeira dimensão da unidade é sustentada pela Teoria do Mapeamento Estrutural (*Structure-mapping theory*) de Gentner (1983) e pela *Multiconstraint Theory* de Holyoak & Thagard (1989). A segunda tem como base a Teoria Multimodal da Semiótica Social de Kress *et al* (2001) e a descrição funcional dos gestos de Kendon (2004).

No quarto capítulo apresentamos a metodologia do trabalho empírico com destaque para: o contexto da pesquisa; os critérios para a escolha do professor que foi o sujeito da investigação; os instrumentos e as estratégias para a produção dos registros; os padrões concebidos para a transcrição da comunicação multimodal; o padrão de mapeamento das correspondências identificadas entre os domínios das comparações realizadas pelo professor; as etapas e os procedimentos de análise dos episódios selecionados.

No quinto capítulo, identificamos a frequência com a qual o professor estabeleceu comparações no período observado e as características globais das situações nas quais o professor utilizou esse tipo de recurso para ensinar Química (seção 5.1). Na seção 5.2, apresentamos e interpretamos os mapeamentos estruturais das analogias selecionadas para análise. Nas seções 5.3 e 5.4, realizamos uma análise densa das duas analogias mais complexas, sofisticadas e inter-relacionadas. Na ocasião, identificamos os aspectos estruturais, pragmáticos e semânticos das duas analogias e empreendemos a análise multimodal dos episódios em que elas ocorreram (seção 5.4).

A análise multimodal da construção de cada analogia seguiu os seguintes passos: (1º) atribuição de uma intenção retórica que teria orientado o professor no episódio; (2º) descrição dos modos de comunicação orquestrados pelo professor e do papel desses modos no estabelecimento das correspondências entre os domínios de cada analogia; (3º)

caracterização da orquestração multimodal realizada pelo professor e dos significados ideacionais, interpessoais e textuais que, nós acreditamos, ele tenha tentado compartilhar com os estudantes durante a construção da analogia.

No sexto capítulo, retomamos as questões de pesquisa à luz dos nossos resultados a fim de responder nosso problema de pesquisa. Nesse último capítulo apresentamos também uma síntese das principais contribuições e implicações para as pesquisas na Educação em Ciências e as limitações do nosso trabalho.



## CAPÍTULO 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

---

Duas questões orientaram a revisão bibliográfica que fizemos para situar o objeto da nossa pesquisa na área das Analogias na Educação em Ciências e para dimensionar uma possível contribuição nossa para a compreensão dos múltiplos modos de comunicação que podem ser usados na construção de analogias nas sala de aula de Ciências: (1<sup>a</sup>) como o uso de analogias e de outros tipos de comparação tem sido tratado pela literatura?; (2<sup>a</sup>) o que dizem os trabalhos que estudam a comunicação multimodal no ensino de Ciências sobre o uso de analogias em sala de aula?

Na seção seguinte, nós apresentamos: (i) as bases de dados acessadas na revisão; (ii) as expressões booleanas usadas nessas bases e os resultados das buscas; (iii) os periódicos nacionais que não fazem parte das bases e os procedimentos envolvidos para consultá-los. Nas seções 2.2 e 2.3 usamos o *corpus* de artigos a que tivemos acesso para constituir um panorama da produção acadêmica nos dois campos de estudos investigados. Na seção 2.4, respondemos às questões que orientaram a revisão bibliográfica.

### 2.1 - METODOLOGIA DA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### ***Bases de dados consultadas***

Entre as bases de dados a que tivemos acesso no Portal de Periódicos CAPES/MEC, nós escolhemos três para procedermos nossas buscas por artigos: (1<sup>a</sup>) *Educational Resources Information Center* (ERIC ProQuest<sup>2</sup>) – base patrocinada pelo Departamento de Educação dos Estados Unidos com amplo acesso à literatura relacionada com a educação, com mais de 20.000 artigos indexados anualmente (SANTOS & SOUZA, 2010); (2<sup>a</sup>) *Wiley Online Library* – base multidisciplinar que oferece acesso a textos completos de artigos em diversos periódicos relevantes da área de Educação em Ciências; (3<sup>a</sup>) *Scientific Electronic Library Online* (SciELO) - biblioteca eletrônica que abrange uma coleção selecionada de periódicos científicos brasileiros, proporcionando amplo acesso a coleções de periódicos como um todo, aos fascículos de cada título de periódico, assim como aos textos completos dos artigos.

#### ***Procedimentos de busca: elaboração de expressões booleanas e seleção dos artigos***

Nas duas primeiras bases selecionadas as expressões booleanas foram elaboradas a partir dos seguintes termos descritores principais: (i) *analog*<sup>3</sup>, para o campo dos estudos sobre

---

<sup>2</sup>A ProQuest é uma empresa que presta serviços de elaboração de ferramentas de buscas, manutenção de bases de dados e indexação de publicações.

<sup>3</sup> O asterisco (\*) é utilizado como caractere de truncamento ao termo *analog* e, com essa função, recupera qualquer terminação até 10 caracteres após o truncamento, tal como *analogue*, *analogy*, *analogies* e *analogical*.

analogias; e (ii) *multimodality*, “*multimodal communication*”, “*multimodal interactions*”, “*modes of communication*” e *gestures*, para o campo de estudos sobre multimodalidade. Cada um desses termos foi associado a termos descritores complementares da área da Educação em Ciências: “*Science education*”, “*Science teaching*”, “*Science class*” e “*Science classroom*”.

Seguimos as instruções específicas de cada base de dados para elaborar expressões booleanas associando os diferentes termos descritores de cada área a diferentes campos de busca (*keywords*, *abstract*, *fulltext* ou *articletitle*). As expressões elaboradas com diferentes combinações foram testadas e comparadas umas com as outras. Aquelas que produziram resultados mais abrangentes foram escolhidas e usadas.

A partir dos resultados de busca, fizemos a leitura integral dos resumos e, em alguns casos, uma “leitura flutuante”<sup>4</sup> dos trabalhos encontrados em cada base, com ênfase para identificação dos problemas e das questões de pesquisa, bem como dos referenciais teórico-metodológicos. Nessa etapa, diversos artigos foram descartados da base que compõe nossa revisão, uma vez que, embora o termo descritor aparecesse no título, no resumo ou entre as palavras-chaves, as analogias ou a multimodalidade não compunham parte central dos objetos de estudo, sendo abordados apenas periféricamente.

### ***Expressões booleanas elaboradas e resultados das buscas***

Os quadros de 1 a 5 a seguir apresentam as expressões booleanas elaboradas e testadas para os dois campos de interesse da nossa pesquisa: o das analogias e o da multimodalidade, ambos no campo mais geral da Educação em Ciências. Além das expressões, cada quadro apresenta os resultados das buscas e a quantidade de artigos selecionados. Esses resultados foram atualizados no mês de maio de 2016.

As buscas na base *ERIC ProQuest* foram realizadas por meio do formulário de busca avançada. Entre os campos disponíveis nessa base, elaboramos expressões associando nossos termos descritores ao campo “assunto principal” (su), “identificador” (palavras-chave – if), “resumo” (ab) e “título do documento” (ti). No formulário de busca avançada dessa base pudemos especificar três critérios de busca: (i) o tipo de documento – *journal articles*; (ii) a data – *após 1983*<sup>5</sup>; e (iii) os idiomas das publicações – *Espanhol, Inglês e Português*.

Os termos descritores da área da Educação em Ciências foram truncados com um operador de proximidade *NEAR/n* (ou *N/n*). Este operador permite encontrar documentos que contenham os dois termos da busca, em qualquer ordem, dentre um número especificado de

---

<sup>4</sup> Bardin, (1977 *apud* Martins & Pinhão, 2009) chamam de “leitura flutuante” o primeiro contato do analista com os documentos a serem analisados, a fim de obter “impressões e orientações” a respeito dos mesmos.

<sup>5</sup> Adotamos o ano de 1983 como referência de busca por ser o ano de publicação da Teoria do Mapeamento Estrutural das analogias – Gentner (1983).

palavras separadas. Por exemplo, ao realizar uma busca com a expressão booleana  $(Science^* N/1 education)$ , poderão ser recuperados os artigos que contenham, no resumo, expressões como *Science education* (educação científica), *Science teacher education* (formação de professores de Ciências), e *education in Sciences* (educação em Ciências), entre outras possibilidades. O uso das aspas ou do operador de proximidade  $PRE/n$  (ou  $P/n$ ) pode restringir os resultados de busca: assim, a expressão entre aspas ("*Science education*") busca somente os artigos que apresentam essa expressão nesta exata forma, enquanto o uso do operador  $P/n$  (*Science P/n education*) busca somente os artigos que apresentam essas duas palavras nessa ordem com um número  $n$  especificado de palavras antes do segundo termo. O quadro 1 apresenta as expressões booleanas elaboradas e os resultados das buscas realizadas na base *ERIC ProQuest*.

**Quadro 1** – Expressões booleanas e números de artigos sobre analogias na Educação em Ciências encontrados na base ERIC ProQuest a partir de 1983.

Expressão booleana	Resultados	Selecionados
<b>su</b> (analog*) AND ((science N/1 education OR science N/1 class* OR science N/1 teaching))	10	6 <sup>&amp;</sup>
<b>if</b> (analog*) AND ((science N/1 education OR science N/1 class* OR science N/1 teaching))	31	25 <sup>&amp;</sup>
<b>ab</b> (analog*) AND ((science N/1 education OR science N/1 class* OR science N/1 teaching))	70	32
<b>Total:</b>		<b>32</b>

Legenda: su – assunto principal; if – identificador (palavras-chave); ab – resumo.

Nota: (&) – Todos os artigos selecionados nas referidas buscas foram recuperados entre os 32 artigos selecionados por meio da terceira expressão.

**Fonte:** Quadro elaborado pelo autor. Atualização das buscas: Maio de 2016.

Os resultados e a seleção de artigos encontrados com a primeira expressão booleana do quadro 1 foram relativamente limitados. Ao substituir o campo “assunto principal” (su) por “identificador” (if) e, posteriormente, pelo campo “resumo” (ab), os resultados e a seleção se tornaram mais abrangentes e adequados para a nossa revisão bibliográfica. Os 32 artigos selecionados na busca realizada com a terceira expressão incluem todos os trabalhos encontrados com as expressões anteriores.

O quadro 2 a seguir apresenta os resultados e a seleção de artigos sobre multimodalidade no contexto da Educação em Ciências. As expressões booleanas têm a mesma estrutura das usadas na revisão sobre analogias. A data de início para as buscas dos artigos tem como referência o trabalho de Lemke (1990) sobre o papel da linguagem no ensino e na aprendizagem de Ciências.

**Quadro 2** – Expressões booleanas e números de artigos sobre multimodalidade no contexto da Educação em Ciências encontrados na base ERIC ProQuest a partir de 1990.

Expressão booleana	Resultados	Selecionados
su(multimodality) AND ((science N/1 education OR science N/1 class* OR science N/1 teaching))	0	0
if(multimodality) AND ((science N/1 education OR science N/1 class* OR science N/1 teaching))	2	1
ab(multimodality) AND ((science N/1 education OR science N/1 class* OR science N/1 teaching))	4	4&
su(multimodal N/3 communication) AND ab((Science N/1 education OR Science N/1 class* OR Science N/1 teaching))	0	0
if(multimodal N/3 communication) AND ab((Science N/1 education OR Science N/1 class* OR Science N/1 teaching))	2	2
ab(multimodal N/3 communication) AND ab((Science N/1 education OR Science N/1 class* OR Science N/1 teaching))	2	2&
su(multimodal N/3 interactions) AND ab((Science N/1 education OR Science N/1 class* OR Science N/1 teaching))	0	0
if(multimodal N/3 interactions) AND ab((Science N/1 education OR Science N/1 class* OR Science N/1 teaching))	0	0
ab(multimodal N/3 interactions) AND ab((Science N/1 education OR Science N/1 class* OR Science N/1 teaching))	0	0
su(modes N/3 communication) AND ab((Science N/1 education OR Science N/1 class* OR Science N/1 teaching))	1	0
if(modes N/3 communication) AND ab((Science N/1 education OR Science N/1 class* OR Science N/1 teaching))	2	0
ab(modes N/3 communication) AND ab((Science N/1 education OR Science N/1 class* OR Science N/1 teaching))	2	0
su(gestures) AND ab((Science N/1 education OR Science N/1 class* OR Science N/1 teaching))	0	0
if(gestures) AND ab((Science N/1 education OR Science N/1 class* OR Science N/1 teaching))	0	0
ab(gestures) AND ab((Science N/1 education OR Science N/1 class* OR Science N/1 teaching))	11	4
<b>Total:</b>		<b>11</b>

Legenda: su – assunto principal; if – identificador (palavras-chave); ab – resumo.  
Nota: (&) – Entre os artigos selecionados, um já havia sido selecionado na busca anterior.

**Fonte:** Quadro elaborado pelo autor. Atualização das buscas: Maio de 2016.

De acordo com o quadro 2, os termos descritores que geraram resultados de busca adequados aos interesses desta pesquisa foram: *multimodality* (4 artigos), *multimodal communication* (3 artigos) e *gestures* (4 artigos). Portanto, as diferentes expressões booleanas

elaboradas permitiram a recuperação de 11 artigos na base ERIC. Esse *corpus* foi posteriormente confrontado com aquele constituído com as outras bases de dados.

As buscas na base *Wiley Online Library* também foram realizadas por meio do formulário de busca avançada. Entre os campos disponíveis nessa base, elaboramos as expressões associando nossos termos descritores ao campo “*article titles*”, “*keywords*”, “*abstract*”, e “*fullText*”. No formulário de busca avançada dessa base pudemos especificar somente a data como critério de busca: *entre 1983 e 2016*.

Diferentemente da base ERIC ProQuest, a base *Wiley* não permite o uso de operadores de proximidade, tais como NEAR/n ou PRE/n. Dessa forma, os termos com duas ou mais palavras foram inseridos nas expressões booleanas entre parênteses. O quadro 3 apresenta os resultados das buscas e as quantidades de artigos selecionados após a leitura dos títulos e resumos.

**Quadro 3**–Expressões booleanas e número de artigos encontrados na base *Wiley Online Library* sobre analogias na Educação em Ciências a partir de 1983.

Expressão booleana	Resultados	Selecionados
<i>analog* in Article Titles AND ("science education" OR "science teaching" OR "science class*") in FullText</i>	72	56
<i>analog* in Article Titles AND ("science education" OR "science teaching" OR "science class*") in Abstract</i>	22	22&
<i>analog* in Keywords AND ("science education" OR "science teaching" OR "science class*") in FullText</i>	26	9&
<i>analog* in Abstract AND ("science education" OR "science teaching" OR "science class*") in FullText</i>	180	-
	<b>Total:</b>	<b>56</b>

Notas: (&) – Todos os artigos selecionados nas referidas buscas estão incluídos entre os 56 artigos selecionados na primeira busca.

**Fonte:** Quadro elaborado pelo autor. Atualização das buscas: Maio de 2016.

Na base *Wiley Online Library*, os resultados das buscas realizadas com os termos descritores da Educação em Ciências vinculados ao campo *FullText* se mostraram mais abrangentes e adequadas do que as buscas realizadas com esses termos vinculados ao campo *Abstract*. Este último campo de busca também não se mostrou adequado para o termo *analog\**, pois resultou em uma busca demasiadamente abrangente, o que impossibilitou a seleção. Para o termo descritor das analogias (*analog\**) o campo de busca mais adequado foi o dos títulos dos artigos (*Article titles*). Portanto, entre as expressões booleanas testadas, a que gerou um resultado e uma seleção mais adequada para os propósitos da nossa revisão bibliográfica foi a da primeira linha do quadro 3. Por meio dessa busca na base *Wiley Online Library* foi possível compor um *corpus* constituído por 56 artigos sobre analogias na Educação em Ciências.

O quadro 4 a seguir apresenta os resultados e a seleção de artigos sobre multimodalidade na Educação em Ciências encontrados na base *Wiley Online Library*. As

expressões booleanas foram elaboradas da mesma forma como fizemos para os estudos sobre analogias nessa base.

**Quadro 4** – Expressões booleanas e número de artigos encontrados na base *Wiley Online Library* sobre multimodalidade no contexto da Educação em Ciências a partir de 1990.

<b>Expressão booleana</b>	<b>Resultados</b>	<b>Selecionados</b>
<i>multimodality in Article Titles AND ("science education" OR "science teaching" OR "science class*") in FullText</i>	3	0
<i>multimodality in Keywords AND ("science education" OR "science teaching" OR "science class*") in FullText</i>	3	1
<i>multimodality in Abstract AND ("science education" OR "science teaching" OR "science class*") in FullText</i>	4	1
<i>multimodality in FullText AND "science education" OR "science teaching" OR "science class*" in FullText</i>	133	-
<i>multimodal communication in Article Titles AND ("science education" OR "science teaching" OR "science class*") in FullText</i>	0	0
<i>multimodal communication in Keywords AND ("science education" OR "science teaching" OR "science class*") in FullText</i>	0	0
<i>multimodal communication in Abstract AND ("science education" OR "science teaching" OR "science class*") in FullText</i>	12	5
<i>multimodal communication in FullText AND ("science education" OR "science teaching" OR "science class*") in FullText</i>	357	-
<i>multimodal interactions in Article Titles AND ("science education" OR "science teaching" OR "science class*") in FullText</i>	1	1
<i>multimodal interactions in Keywords AND ("science education" OR "science teaching" OR "science class*") in FullText</i>	0	0
<i>multimodal interactions in Abstract AND ("science education" OR "science teaching" OR "science class*") in FullText</i>	3	1
<i>multimodal interactions in FullText AND ("science education" OR "science teaching" OR "science class*") in FullText</i>	387	-
<i>"modes of communication" in Article Titles AND ("science education" OR "science teaching" OR "science class*") in FullText</i>	0	0
<i>"modes of communication" in Keywords AND ("science education" OR "science teaching" OR "science class*") in FullText</i>	1	0
<i>"modes of communication" in Abstract AND ("science education" OR "science teaching" OR "science class*") in FullText</i>	16	2 <sup>&amp;</sup>
<i>"modes of communication" in FullText AND ("science education" OR "science teaching" OR "science class*") in FullText</i>	206	-
<i>gestures in Article Titles AND "science education" OR "science teaching" OR "science class*" in FullText</i>	9	3
<i>gestures in Keywords AND ("science education" OR "science teaching" OR "science class*") in FullText</i>	5	1 <sup>&amp;</sup>
<i>gestures in Abstract AND ("science education" OR "science teaching" OR "science class*") in FullText</i>	28	4
<i>gestures in FullText AND ("science education" OR "science teaching" OR "science class*") in FullText</i>	1025	-
<b>Total:</b>		<b>16</b>

Notas: (&) – Todos os artigos selecionados na referida busca estão incluídos entre os artigos selecionados nas buscas anteriores.

**Fonte:** Quadro elaborado pelo autor. Atualização das buscas: Maio de 2016.

A primeira conclusão a respeito dos resultados apresentados no quadro 4, diz respeito ao campo de busca *FullText*, que foi utilizado para os termos descritores principais. As buscas

realizadas com os termos descritores principais neste campo geraram resultados extremamente abrangentes, o que impossibilitou os procedimentos de seleção. O uso dos outros campos de buscas, ao contrário, gerou resultados para os quais conseguimos proceder a seleção dos artigos. Por meio das diferentes expressões booleanas elaboradas para as buscas na base *Wiley*, nós conseguimos compor um *corpus* constituído por 16 artigos sobre multimodalidade.

As buscas na base SciELO Brasil também foram realizadas por meio do formulário de busca avançada. Entre os campos de busca disponíveis nessa base, elaboramos expressões associando nossos termos descritores principais ao campo das “palavras do título”, do “assunto” e do “resumo”. No formulário de busca avançada dessa base não conseguimos associar os termos principais aos termos complementares da Educação em Ciências. Qualquer tentativa de associação gerava resultados limitados ou nenhum resultado. O mesmo ocorria quando utilizávamos as expressões com os termos em inglês. Além disso, nessa base não foi possível especificar nenhum outro critério de refinamento, como data ou tipo de publicação.

Diferentemente das outras bases consultadas, na base SciELO não conseguimos utilizar truncamentos dos termos descritores. Dessa forma, tivemos que testar diferentes expressões booleanas por meio de variações dos termos descritores entre português/inglês e plural/singular. Apesar dos diferentes resultados gerados por meio dessas variações, em todos os casos a quantidade de artigos selecionados sobre analogias no contexto da Educação em Ciências foi igual a **13** (conforme a primeira linha do quadro 5).

Nas buscas de artigos sobre multimodalidade no contexto da Educação em Ciências, nós utilizamos os seguintes descritores em português: multimodalidade, comunicação multimodal, interações multimodais, modos de comunicação e gestos. No entanto, não conseguimos elaborar expressões booleanas associando esses termos aos termos da Educação em Ciências. O quadro 5 apresenta os dados referentes aos procedimentos de busca realizados na base SciELO Brasil, tanto para os estudos sobre analogias quanto para os da multimodalidade.

**Quadro 5** – Expressões booleanas e número de artigos sobre analogias e multimodalidade na Educação em Ciências encontrados na base SciELO Brasil.

<b>Expressão booleana</b>	<b>Resultados</b>	<b>Selecionados</b>
<i>analogias [Resumo] OR analogias [Assunto] OR analogias [Palavras do título]</i>	81	13
<i>multimodalidade [Palavras do título] OR multimodalidade [Assunto] OR multimodalidade [Resumo]</i>	29	4
<i>comunicação multimodal [Palavras do título] OR comunicação multimodal [Assunto] OR comunicação multimodal [Resumo]</i>	1	1 <sup>&amp;</sup>
<i>interações multimodais [Palavras do título] OR interações multimodais [Assunto] OR interações multimodais [Resumo]</i>	0	0
<i>modos de comunicação [Palavras do título] OR modos de comunicação [Assunto] OR modos de comunicação [Resumo]</i>	0	0
<i>gestos [Palavras do título] OR gestos [Assunto] OR gestos [Resumo]</i>	140	-
<i>gestos [Palavras do título] OR gestos [Assunto]</i>	30	2 <sup>&amp;</sup>
<i>gestos [Resumo] AND ensino<sup>@</sup> [Resumo]</i>	15	2
<b>Total (multimodalidade):</b>		<b>6</b>

Notas: (&) – Todos os artigos selecionados na referida busca estão incluídos entre os artigos selecionados nas buscas anteriores.

(@) – Utilizamos o termo descritor *ensino*, vinculado ao campo *resumo*, na busca de artigos sobre o papel dos gestos na comunicação em sala de aula.

**Fonte:** Quadro elaborado pelo autor. Atualização das buscas: Maio de 2016.

De acordo com os dados do quadro 5, além dos 13 artigos sobre analogias, encontramos 6 artigos, em periódicos nacionais indexados na base SciELO que abordam aspectos da multimodalidade no contexto da Educação em Ciências. Consideramos que essas quantidades não refletiam adequadamente a produção acadêmica nacional nesses dois campos de estudos. Portanto, decidimos continuar nossas buscas diretamente em portais de alguns periódicos nacionais relevantes na área das pesquisas em Educação em Ciências.

### ***Procedimentos de busca em periódicos nacionais***

Considerando os resultados limitados das buscas realizadas na base SciELO, para os estudos tanto sobre analogias, quanto sobre multimodalidade, nós realizamos buscas diretas em portais de alguns periódicos relevantes para a área de conhecimento da Educação em Ciências, não contemplados na base SciELO, mas que ofereciam acesso a textos completos por meio de suas próprias ferramentas de busca. Consultamos apenas periódicos qualificados na área do



Ensino, segundo o Qualis 2014 da CAPES<sup>6</sup>, como A1, A2, B1 ou B2. Os periódicos com essa classificação eram: o Caderno Brasileiro de Ensino de Física, a Ciência & Cognição (UFRJ), a Ciência & Ensino (Unicamp), o Experiências em Ensino de Ciências (EENCI/UFMT), o Investigações em Ensino de Ciências (IENCI/UFRGS), a Química Nova na Escola (QNEsc/SBQ) e a Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (RBPEC/ABRAPEC).

A consulta direta nesses periódicos nos permitiu encontrar uma quantidade de artigos consideravelmente maior que a busca na plataforma da base SciELO. O quadro 6 apresenta as quantidades de artigos encontrados nos periódicos indicados e selecionados para a constituição do nosso *corpus*.

**Quadro 6** – Artigos sobre analogias e multimodalidade no contexto da Educação em Ciências encontrados por meio de busca direta nos portais de periódicos nacionais.

Periódico	Quantidades de artigos selecionados	
	Analogias	Multimodalidade
Caderno Brasileiro de Ensino de Física	7	0
Ciência & Cognição (UFRJ)	3	1
Ciência & Ensino (Unicamp)	1	0
Experiências em Ensino de Ciências (EENCI/UFMT)	6	2
Investigações em Ensino de Ciências (IENCI/UFRGS)	6	3
Química Nova na Escola (QNEsc/SBQ)	2	3
Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (RBPEC/ABRAPEC)	7	2
<b>TOTAL:</b>	<b>32</b>	<b>11</b>

**Fonte:** Quadro elaborado pelo autor. Atualização das buscas: Maio de 2016.

Considerando as quantidades totais de artigos encontrados e selecionados por meio das três bases consultadas, indicadas nos quadros 1, 2, 3, 4 e 5, e as quantidades em periódicos nacionais indicadas no quadro 6, o *corpus* dessa revisão bibliográfica foi constituído por 124 artigos sobre analogias e 40 artigos sobre aspectos da comunicação multimodal, todos no contexto da Educação em Ciências. Essas quantidades surgiram após o confronto dos artigos comuns entre a base ERIC e a base *Wiley Online Library*. O quadro 7 agrupa todos esses valores apresentados nos quadros anteriores.

<sup>6</sup> Plataforma Sucupira para acesso ao “Periódicos Qualis” da Capes:  
<https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/veiculoPublicacaoQualis/listaConsultaGeralPeriodicos.jsf>

**Quadro 7**– Quantidades de artigos selecionados para a constituição do *corpus* da revisão bibliográfica.

PORTAIS CONSULTADOS	Quantidades de artigos selecionados			
	ANALOGIAS		MULTIMODALIDADE	
ERIC ProQuest	23	9&	7	4&
Wiley Online Library	47		12	
SciELO Brasil	13		6	
Periódicos nacionais	32		11	
<b>TOTAIS:</b>	<b>124</b>		<b>40</b>	

Nota: (&) – Os números que aparecem a frente do símbolo & identificam as quantidades de artigos que aparecem nas bases ERIC e Wiley.

**Fonte:** Quadro elaborado pelo autor. Atualização das buscas: Maio de 2016.

Consideramos que as quantidades totais apresentadas no quadro 7 eram suficientes para a caracterização da produção acadêmica nesses contextos e para situar nossa possível contribuição para ambos os campos de estudo.

## 2.2 - ANALOGIAS NA EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS

Entre os 124 trabalhos encontrados sobre analogias na Educação em Ciências, destacamos 3 artigos de revisão bibliográfica publicados em décadas distintas: Dagher (1995b), Duarte (2005) e Mozzer & Justi (2015). Ferraz & Terrazzan (2002), embora não seja exclusivamente voltado à revisão bibliográfica, oferece uma importante contribuição para a caracterização do campo de estudos das analogias na Educação em Ciências.

### 2.2.1- A REVISÃO DE LITERATURA FEITA POR DAGHER (1995B)

Em sua revisão, Dagher (1995b) analisou uma amostra representativa de estudos que abordaram a efetividade de analogias na aprendizagem de conceito científicos, fornecendo uma síntese dos resultados e apresentando implicações para professores e pesquisadores em Educação em Ciências. A autora destaca, entre alguns modelos de raciocínio analógico, os trabalhos de Gentner (1983 & 1989) e sua teoria do mapeamento estrutural das analogias, bem como o de Holyoak & Thagard (1989). Esses trabalhos estão apresentados com mais detalhes no capítulo 3 desta tese, tendo sido adotados como parte do nosso referencial teórico.

Os 15 trabalhos que constituíram o *corpus* revisado por Dagher (1995b) eram oriundos, tanto do campo da Educação em Ciências, quanto do campo da Psicologia Cognitiva. Entre esses 15 trabalhos, 9 eram estudos experimentais e 6 eram estudos descritivos. Esses estudos foram agrupados pela autora em duas categorias: (1<sup>a</sup>) trabalhos dedicados a estudar analogias

presentes em textos didáticos; (2ª) estudos dedicados a analisar analogias apresentadas por professores. A autora organizou em cinco pontos os resultados e as implicações dos trabalhos que revisou: natureza das analogias; diversidade das apresentações das analogias; estratégias de ensino; métodos de avaliação; apontamentos para pesquisas futuras.

### **2.2.2- A REVISÃO DE LITERATURA FEITA POR DUARTE (2005)**

A revisão conduzida por Duarte (2005) destaca um número temático da revista *Journal of Research on Science Teaching*, publicado em 1993. Com o título *Special Issue: The Role of Analogy in Science and Science Teaching*, os trabalhos deste número trazem enfoques diversos sobre a utilização das analogias. Duarte (idem) os agrupa em quatro linhas: (1ª) utilização e exploração didática de analogias; (2ª) características das analogias em manuais escolares; (3ª) presença das analogias na prática dos professores de Ciências; (4ª) concepções de professores sobre o papel das analogias nos processos de ensino e de aprendizagem.

Em sua revisão, Duarte (idem) pretendia contribuir para uma melhor compreensão do uso das analogias, bem como identificar as contribuições e os desafios que os trabalhos revisados apresentavam para a investigação na área. A autora destaca as várias definições de analogia, conforme as perspectivas teóricas dos autores consultados. Segundo ela, para alguns autores, a analogia é um processo cognitivo que envolve uma comparação explícita de duas “coisas”, uma definição de informação nova em termos já familiares, ou um processo através do qual se identificam semelhanças entre diferentes conceitos, sendo um deles conhecido, familiar, e o outro desconhecido (Glynn, 1991). Ainda segundo Duarte (idem), para outros autores, como Duit (1991) e Treagust *et al* (1992), analogia é definida como uma comparação baseada em similaridades entre estruturas de dois domínios diferentes, um conhecido e outro desconhecido. Assim como Dagher (1995b), Duarte destaca o trabalho de Gentner (1983) que diferencia as analogias de outros tipos de comparação.

A respeito dos contributos teóricos dos trabalhos revisados, Duarte (idem) aponta o desenvolvimento das Ciências Cognitivas, como um campo multidisciplinar que integra Psicologia, Filosofia da Ciência, Linguística, Neurociência e Inteligência Artificial. Para a autora esse campo produziu diferentes abordagens para o estudo da analogia e de seu papel no processo de aprendizagem. Nesse contexto, ela utiliza a revisão de literatura que realizou para afirmar a emergência de uma concepção consensual da analogia como um conjunto de processos cognitivos e interacionais que devem ser estudados em situações de uso como foco no processamento mental e na experiência individual, social e cultural.

Entre os diversos estudos revisados por Duarte (idem), ela destaca aqueles conduzidos por psicólogos sobre a relação das analogias com o desenvolvimento cognitivo dos indivíduos e, mais especificamente, os estudos relativos: (i) aos processos analógicos envolvidos na

aprendizagem; (ii) às relações entre a analogia e o raciocínio analógico; (iii) às relações entre as analogias e diversas competências cognitivas, como as relações entre analogia e percepção, analogia e imaginação, analogia e criatividade, analogia e memória ou analogia e resolução de problemas.

Ela também destaca os estudos realizados por linguistas com foco nos contextos de produção das analogias e afirma a necessidade de aprofundar as pesquisas sobre os fatores contextuais que podem favorecer ou impedir a utilização bem-sucedida de uma analogia. Acreditamos que o nosso trabalho pode oferecer alguma contribuição a essa questão, pois nós investigamos os processos de comunicação e compartilhamento de significados envolvidos na construção de analogias em sala de aula.

Duarte (*idem*) assinala um significativo incremento ocorrido nas investigações conduzidas nesse campo durante as décadas de 80 e 90, o que culminou em dezenas de trabalhos publicados em periódicos e atas de congressos. A autora apresenta uma síntese dos resultados desses trabalhos que podem ser classificados como situados em três linhas de investigação: (1<sup>a</sup>) analogias em livros didáticos; (2<sup>a</sup>) analogias na prática de professores de Ciências; e (3<sup>a</sup>) analogias e crenças dos professores sobre o papel das analogias no ensino.

### **2.2.3- A REVISÃO DE LITERATURA FEITA POR MOZZER & JUSTI (2015)**

A revisão bibliográfica de Mozzer & Justi (2015) foi conduzida com três objetivos: (1<sup>o</sup>) diferenciar as analogias de outros tipos de similaridades e recursos didáticos frequentemente confundidos com analogias por parte de professores, autores de livros e pesquisadores; (2<sup>o</sup>) explicitar e discutir os fundamentos teóricos dos estudos sobre analogias e sua utilização no ensino; (3<sup>o</sup>) discutir, criticamente, algumas das principais estratégias de uso das analogias como ferramentas de ensino.

Inicialmente, as autoras apresentam uma síntese dos principais problemas apontados pela literatura que estariam relacionados ao entendimento limitado ou inadequado das analogias, bem como ao mau uso desse recurso no ensino de Ciências. Em seguida, elas escolhem a teoria do mapeamento estrutural das analogias de Gentner (1983) como referencial teórico para diferenciar as analogias de outros tipos de similaridades ou comparações. Elas apresentam alguns exemplos de uso dessa teoria e escolhem simplificar o sistema de notações proposta por Gentner ao usar setas duplas preenchidas como signo das correspondências entre as relações constitutivas do domínio conhecido e aquelas que podem ser atribuídas ao domínio desconhecido ou pouco familiar. As correspondências entre atributos dos mesmos domínios são indicadas por setas hachuradas. Já as correspondências entre elementos que compõem os dois domínios não foram representadas por Mozzer & Justi (*idem*).

Na seção 3.1 do 3º capítulo desta tese, nós apresentamos os códigos originalmente utilizados por Gentner e colaboradores para representar as correspondências que mapeiam a estrutura das analogias. No 4º capítulo, nós justificamos o padrão de representação que adotamos para realizar o mapeamento estrutural das analogias enunciadas pelo professor sujeito da nossa pesquisa. Tendo em vista que não estávamos apenas exemplificando o uso da teoria, mas a utilizando como parte de um referencial teórico de uma pesquisa empírica, nós não pudemos recorrer às simplificações de códigos usadas por Mozzer & Justi (2015). Ao contrário disso, ao integrar à nossa análise uma dimensão expressiva da construção de analogias em salas de aula, nós fomos levados a adotar notações e códigos ainda mais sofisticados que os originalmente propostos por Gentner.

Nós consideramos que Mozzer & Justi (2015) não realizam uma distinção adequada entre os atributos e as relações que compõem cada domínio. Por exemplo, no mapeamento da similaridade literal estabelecida entre a dissolução do açúcar e a dissolução do sal em água (p. 130) elas classificam o “desaparecimento” do soluto e a formação de uma solução líquida como meros atributos. Primeiramente, elas não especificam a qual elemento esse atributo pertenceria. Entretanto, a nosso ver, tanto a dissolução do soluto no solvente quanto a formação de uma solução líquida não deveriam ser concebidas como atributos, mas como relações estabelecidas entre os elementos constituintes de cada domínio. No primeiro caso, a dissolução é um processo decorrente da interação entre o soluto e o solvente – uma relação do tipo causa e consequência que envolve as duas substâncias, e não um atributo de um ou do outro componente. No segundo caso, a classificação da formação de uma solução líquida como um atributo talvez tivesse ficado mais clara se fosse redigida da seguinte forma: “a solução formada é líquida”.

Outra crítica que fazemos ao trabalho de Mozzer & Justi (idem) diz respeito ao mapeamento que elas realizam na analogia entre a energia de ativação em uma reação química e a condução de um carro ao longo de um morro ou aclive. Elas consideraram que a correspondência entre a “altura do morro que o carro sobe” e a “altura da barreira de energia” (p. 134) era uma correspondência entre relações. Contudo, a altura é um atributo, tanto na situação em que o carro sobe um morro, quanto naquela em que uma “barreira de energia” precisa ser superada para o início de uma reação química. Nessa mesma analogia, as autoras apresentam outra correspondência interpretada de forma equivocada entre a “transposição da barreira de energia pelos reagentes”, no domínio pouco conhecido, e a “direção do carro ao longo do morro”, no domínio mais conhecido. A nosso ver, embora essa correspondência estabeleça de fato uma ligação entre relações, a redação dessas relações parece comprometer a compreensão do mapeamento.

Apesar de suas limitações, consideramos que o trabalho de revisão de Mozzer & Justi (2015) contribui para a compreensão do papel das analogias na Educação em Ciências ao

apresentar, discutir e exemplificar o uso de analogias, tanto em livros didáticos, quanto nas interações discursivas entre professores e estudantes. Nesse contexto, as autoras diferenciam tipos de analogias (simples, enriquecidas e estendidas), formas de expressão das analogias (verbal, verbal-visual, simulação, dramatização), processos que demandam o uso de analogias e modelos ou estratégias de ensino mediadas por analogias. As autoras não utilizam conceitos do campo da multimodalidade, que compõem nosso referencial teórico, embora demonstrem preocupações comuns a esse campo. Isso ocorre quando elas afirmam, por exemplo, que a analogia deve conter representações visuais do domínio base a serem exploradas por professores ou textos didáticos.

Mozzer & Justi (2015) finalizam seu trabalho de revisão por meio de uma discussão geral a respeito do potencial das analogias como ferramentas didáticas e investigativas que, segundo as autoras, depende da compreensão da natureza das similaridades envolvidas, da explicitação destas e do uso que se faz dessas comparações nos processos de ensino e aprendizagem. Nesse contexto, elas afirmam que: (1º) é necessário compreender as analogias como comparações relacionais em oposição às comparações entre atributos de objeto focadas em propriedades descritivas; (2º) o mapeamento das analogias deve ser realizado e orientado de forma explícita; (3º) é essencial garantir a participação ativa do estudante nos processos de negociação e construção de significados que são mediados pelo professor.

#### **2.2.4- A REVISÃO DE LITERATURA FEITA POR FERRAZ E TERRAZZAN (2002)**

Ferraz & Terrazzan (2002) fizeram uma ampla revisão de trabalhos dedicados ao uso de analogias por professores de Ciências e nela apresentam uma breve descrição dos trabalhos desenvolvidos por Tierney (1988), Treagust *et al* (1992), Thiele & Treagust (1994) e Dagher (1995a), que nós reorganizamos para construir o quadro 8 apresentado a seguir. As duas últimas referências dessa lista também fizeram parte de um estudo atento de nossa parte. Os autores desses dois últimos trabalhos da lista classificaram os estudos sobre analogias em três grupos: (1º) os que se referem à avaliação de estratégias didáticas para um uso efetivo de analogias como recurso para a construção de conceitos científicos; (2º) os que tratam das formas como as analogias são apresentadas em textos didáticos; (3º) os dedicados ao modo como as analogias são utilizadas por professores em sala de aula. Além disso, tanto Thiele & Treagust (1994), quanto Dagher (1995a) reiteraram as afirmações de Glynn *et al* (1998) ao apontar que a maioria dos professores e autores de textos didáticos usam analogias sem considerar suas limitações ou problemas.

**Quadro 8** – Síntese dos aspectos discutidos por Ferraz e Terrazzan (2002) em sua revisão bibliográfica sobre o uso de analogias por professores.

Pesquisador (ano)	Quantidade de professores observados	Disciplina escolar	Quantidade de aulas observadas	Aspectos ressaltados
Tierney (1988)	4	Estudos Sociais	20	A maneira limitada com que as comparações são realizadas e ausência de controle a respeito de como os alunos as interpretam.
Treagust <i>et al</i> (1992)	7	Ciências	(4 semanas)	Encontraram poucas indicações claras do uso de analogias pelos professores. Sugerem que o uso seria efetivo se estivessem baseados em um repertório bem preparado de analogias, elaboradas para conteúdos e contextos específicos.
Thiele & Treagust (1994)	4	Química	43	Detectaram 45 analogias nas aulas observadas. Os professores utilizavam analogias quando consideravam que os alunos não conseguiam compreender a explicação inicial. Para os autores, as analogias apareciam de forma espontânea na hora da explicação, ou seja, sem planejamento. Os professores teriam um “repertório mental” de analogias, baseado em sua experiência profissional.
Dagher (1995a)	20	Ciências	-	Entre os 20 professores observados, somente 11 professores usaram analogias. A análise tinha como pressuposto o caráter singular de cada analogia, em seus aspectos estruturais e funcionais, dependentes do contexto. Os autores concluíram que os professores: tecem analogias naturalmente; as desenvolvem com mais ou menos extensão, dependendo de sua percepção acerca da importância do assunto tratado; não se detêm para considerar em que medida as analogias são compreendidas pelos alunos.

**Fonte:** Quadro elaborado pelo autor.

Além desse trabalho de revisão, Ferraz & Terrazzan (2002) apresentaram os resultados da observação das aulas de seis professoras de Biologia em três escolas públicas. Esses resultados estão comentados mais à frente.

Tendo como referência as considerações e agrupamentos feitos nos trabalhos de revisão de Dagher (1995b), de Duarte (2005) e de Ferraz & Terrazzan (2002), tanto quanto da leitura atenta ou flutuante que realizamos nos outros 121 artigos que constituíram o *corpus* da revisão de literatura produzida na pesquisa relatada nesta tese, nós definimos oito enfoques para os trabalhos que tratam das analogias no campo da Educação em Ciências:

- 1º enfoque: Análise do modo como professores de Ciências criam, constroem ou utilizam analogias em sala de aula – [*âmbito nacional*: FERRAZ & TERRAZZAN (2001, 2002 e 2003); BOZELLI & NARDI (2006 e 2012); *âmbito internacional*: THIELE & TREAGUST (1994); DAGHER (1995a)]

- 2º enfoque: Análise de concepções de professores sobre o papel das analogias na Educação em Ciências – [âmbito internacional: HUTCHISON & PADGETT (2007); JAMES & SCHARMANN, 2007; MARAHAJ-SHARMA & SHARMA (2015)]
- 3º enfoque: Análise de metodologias ou estratégias de ensino baseadas em analogias – [âmbito nacional: FERRAZ & TERRAZZAN (2003); FERRY & NAGEM (2009); NAGEM *et al* (2010); BARBOSA *et al* (2012); SANTOS & INFANTE-MALACHIAS (2013); SANTOS & NUNES (2013); âmbito internacional: HARRISON & TREAGUST (1993); HARRISON & JONG (2005); YILMAZ *et al* (2006); ORGILL & THOMAS (2007); GUERRA-RAMOS (2011); HAGLUND & JEPPSSON (2012)]
- 4º enfoque: Análise de analogias em livros didáticos de Ciências – [âmbito nacional: MONTEIRO & JUSTI (2000); CUNHA (2006); GIRALDI & SOUZA (2006); HOFFMAN & SCHEID (2007); FRANCISCO JUNIOR (2009); TREVISAN & CARNEIRO (2009); SILVA & MARTINS (2010); FRANCISCO JUNIOR *et al* (2011); SANTOS *et al* (2011); FRANCISCO JUNIOR *et al* (2012); BERNARDINO *et al* (2013); âmbito internacional: GILBERT (1989); CURTIS & REIGELUHT (1984); GLYNN & TAKAHASHI (1998); ORGILL & BODNER (2006); DO CARMO *et al* (2009)]
- 5º enfoque: Análise do modo como estudantes utilizam, interpretam ou criam analogias – [âmbito nacional: MENDONÇA *et al* (2006); SOUZA *et al* (2006); SILVA & TERRAZZAN (2008 e 2009); ZAMBON & TERRAZZAN, (2013); âmbito internacional: SCHWARTZ (1993); STAVY & TIROSH (1993); WONG (1993a); PITTMAN (1999); YANOWITZ (2001); MAY, HAMMER & ROY (2006); BOUJAOUDE & TAMIM (2008); ZHENG *et al* (2008); BELLOCCHI & RITCHIE (2011); HAGLUND *et al* (2012)]
- 6º enfoque: Contribuições e limitações das analogias em processos de ensino e aprendizagem (p.ex.: mudança conceitual, ensino de conceitos científicos ou tópicos de conteúdo específicos, argumentação, modelagem) – [âmbito nacional: OTERO (1997); VILLANI *et al* (1997); KRAPAS & BORGES (1998); LEAL (2001); QUEIROZ *et al* (2001); DELIZOICOV *et al* (2004); CINDRA & TEIXEIRA (2005); GOMES & OLIVEIRA (2007); FERRY & NAGEM (2008); RAMALHO & SANTOS (2008); SILVA & TERRAZZAN (2011); SOUZA *et al* (2014); âmbito internacional: GABEL & SHERWOOD (1984); WEBB (1985); GABEL & SAMUEL (1986); DUPIN & JOHSUA (1989); FRIEDEL *et al* (1990); STAVY (1991); BROWN (1992 e 1993); CLEMENT (1993); LAWSON (1993); LAWSON *et al* (1993); DAGHER (1994); HARRISON & TREAGUST (1994); BAKER & LAWSON (2001); TABER (2001); YERRICK *et al* (2003); RULE & FURLETTI (2004); CHIU & LIN (2005); COLL *et al* (2005); KOVACEVIC & DJORDJEVICH (2006); MARSHALL (2007); SILVA (2007); MARCELOS & NAGEM (2010); NIEBERT *et al* (2012); ALSOP & BEALE (2013); EMIG *et al* (2014); HAGLUND & JEPPSSON (2014); JAEGER & WILEY (2015); TREAGUST & DUIT (2015); GENTNER *et al* (2016)]



- 7º enfoque: Análise da natureza do raciocínio analógico e/ou da estrutura das analogias – [âmbito internacional: ARMOUR-THOMAS & ALLEN (1990); FLICK (1991); THAGARD (1992); WONG (1993b); LAWSON & LAWSON (1993); RICHARDSON & WEBSTER (1996); STEWART *et al* (2002); LIPKENS & HAYES (2009); MOZZER & JUSTI (2013b); RICHLAND & SIMMS (2015); TRENCH & MINERVINO (2015)]
- 8º enfoque: Revisão bibliográfica de trabalhos sobre analogias e outros tipos de comparações na Educação em Ciências – [âmbito nacional: DUARTE (2005); RAVIOLO & GARRITZ (2008); MOZZER & JUSTI (2015); âmbito internacional: DUIT (1991); GOSWAMI (1991); DAGHER (1995b)]
- 9º grupo: Outros – [âmbito nacional: ANDRADE *et al* (2002); SILVA *et al* (2011); CARON & RIGONATO (2013); âmbito internacional: COBB (1998); HULSHOF & VERLOOP (2002); KIPNIS (2005); OH (2010); KALOGERAKIS *et al* (2010); SAAT & OTHMAN (2010); SUTHAKARAN (2011); DENAES, (2012); LIN *et al* (2012); RIVET & KASTENS (2012)]

Consideramos que nossa pesquisa se enquadra no 1º enfoque, uma vez que investigamos os processos de comunicação na construção de analogias na sala de aula. Dessa forma, consideramos pertinente abordar com mais detalhes os trabalhos identificados com esse enfoque e assim, responder à nossa primeira questão norteadora: *como o uso de analogias e outros tipos de comparação em sala de aula de Ciências tem sido tratado pela literatura?*

### 2.2.5- ESTUDOS SOBRE A CONSTRUÇÃO DE ANALOGIAS NAS SALAS DE AULA DE CIÊNCIAS

Historicamente, o estudo sobre o papel das comparações no ensino de Ciências foi realizado, principalmente, em pesquisas sobre analogias. Tais pesquisas têm sido orientadas a partir de inúmeros enfoques, havendo poucos trabalhos sobre como professores constroem ou utilizam analogias em sala de aula de Ciências. Alguns trabalhos com esse enfoque foram realizados na década de 1990 (THIELE & TREAGUST, 1994; DAGHER, 1995a). Na década seguinte, no Brasil, encontramos os trabalhos de Ferraz & Terrazzan (2001, 2002 e 2003) e de Bozelli & Nardi (2006 e 2012).

Os principais resultados dos trabalhos de Thiele & Treagust (1994) e de Dagher (1995a) já foram comentados no quadro 8 da subseção 2.2.4. No entanto, devido à forte relação com o objeto da nossa pesquisa, achamos importante destacar o conceito de analogias pictóricas<sup>7</sup> utilizado no trabalho de Thiele & Treagust. Esses autores mostram que esse tipo de analogia foi

---

<sup>7</sup>A primeira menção a esse termo – *pictorial analogies*, foi feita por Curtis & Reigeluth (1984, p.108). Esse termo surgiu como categoria emergente durante a análise que esses autores fizeram de 216 comparações encontradas em 26 livros didáticos, ao considerar o formato da apresentação das analogias. Eles as agruparam em duas categorias: (i) *analogias verbais* – comparações apresentadas apenas com palavras, e (ii) *analogias pictórica-verbais* – comparações apresentadas com palavras e reforçadas por imagens do domínio base.

frequentemente usado nas 43 aulas dos quatro professores que eles observaram. Entre as 45 analogias identificadas nas aulas desses professores, 19 foram apresentadas a partir de uma imagem desenhada na lousa da sala de aula. Uma das professoras observadas, ao ser questionada sobre o uso de desenhos na construção de algumas analogias, comentou que ela fez desenhos como uma ajuda à imaginação dos estudantes e porque esses desenhos a ajudavam a expressar o que ela tinha em sua própria mente.

Outro professor observado elaborou esquemas que relacionavam informações dos dois domínios de uma analogia para inferir conclusões a respeito do domínio alvo. Na construção dessa analogia, o professor utilizou diferentes cores para inscrever no quadro os atributos de cada domínio, que foram separados por meio de uma linha vertical. Os dados sobre o domínio base foram inscritos do lado esquerdo da lousa, enquanto as informações correspondentes do domínio alvo foram colocadas no lado direito. Embora Thiele & Treagust (1994) não estivessem preocupados com a expressividade dos professores na construção das analogias, consideramos que essas observações podem ser compreendidas, sob a perspectiva da Semiótica Social, como exemplos do caráter multimodal desse processo de mediação. Nesse último exemplo, podemos dizer que o professor articulou o modo verbal oral e o modo verbal escrito com outros modos de comunicação que serão caracterizados ao longo desta tese: o modo visual *layout das inscrições na lousa* e o modo acional *interação com imagens*.

Quanto aos outros trabalhos realizados na década seguinte, podemos dizer que os três artigos de Ferraz & Terrazan foram produzidos com propósitos complementares, pois foram realizados a partir de uma mesma pesquisa de mestrado. Nessa pesquisa, os autores observaram a prática pedagógica de 6 professoras de Biologia para investigar as formas de utilização de analogias e/ou metáforas por professores do Ensino Médio. As seis professoras observadas eram de escolas da rede estadual do Rio Grande do Sul. As observações foram realizadas em dois períodos distintos – de setembro a dezembro do ano 2000 (65 aulas), e de março a junho de 2001 (87 aulas). Nestes dois períodos foram identificadas, respectivamente, 56 e 52 ocorrências de analogias, totalizando 108 episódios de uso. Consideramos que este número representa uma quantidade razoável para evidenciar o quanto as analogias estão presentes no processo de ensino.

No trabalho publicado em 2002, Ferraz & Terrazan identificaram qual era a origem das analogias usadas pelas professoras (livros didáticos, repertório proveniente da experiência, etc.). No artigo de 2003, eles contrastaram os procedimentos de uso de analogias pelas professoras com os passos propostos pela metodologia de ensino conhecida como *Teaching with Analogies*, (HARRISON & TREAGUST, 1994).

Em todos os trabalhos de Ferraz & Terrazan acima citados, os autores assumem as analogias como recursos didáticos disponíveis no processo de construção das noções científicas

e como ferramentas de uso frequente em sala de aula. Esse entendimento sobre o papel das analogias parte do pressuposto de que o raciocínio analógico contribui para que os estudantes compreendam o conhecimento científico, na medida em que os auxilia a usar conhecimentos de domínios que lhes são mais familiares (domínios base) no tratamento de domínios menos familiares (domínios alvo).

Em Bozelli & Nardi (2006) a analogia, assim como a metáfora, é considerada uma figura de linguagem usada como recurso mediador dos processos de ensino e aprendizagem. Os autores consideram as analogias como fundamentais para o tratamento de temas complexos, visto que elas permitem relacionar atributos e relações constitutivas dos domínios familiares e não familiares. Para produzir esse trabalho, os dois autores interpretaram o discurso de um professor de Física, a fim de identificar as situações que criavam a necessidade de produzir e utilizar analogias. Nessa mesma linha, Bozelli & Nardi (2012) analisaram a elaboração, utilização e exploração de analogias durante processos de interação discursiva em uma sala de aula.

Bozelli & Nardi (2006) concluem que o raciocínio analógico parece ser a fonte da compreensão dos estudantes com relação ao entendimento dos conceitos teóricos. Dessa forma, a utilização de analogias pelo professor é entendida como eficaz porque, supostamente, promoveria a “visualização” do conceito alvo. Por isso, segundo os autores, a elaboração de analogias requer, por parte do professor, o exercício de uma função de mediação, no sentido de direcionar a atenção dos alunos para os aspectos mais relevantes da comparação, o que inclui assinalar, tanto as similaridades, quanto as diferenças entre os domínios familiar e não-familiar.

No trabalho de 2012, Bozelli & Nardi apontam para a necessidade de discussões mais amplas sobre o uso de analogias no ensino, na formação inicial dos professores, sobre as funções desse tipo de comparação, as vantagens ou desvantagens de sua utilização e sobre formas mais efetivas de explorar as analogias.

Entre as conclusões de Ferraz & Terrazan (2001, 2002 e 2003) destaca-se a constatação de que a frequência de utilização de analogias está relacionada com o conteúdo específico a ser ensinado. Segundo esses autores, existem algumas formas mais ou menos estruturadas de utilização das analogias em sala de aula que se mostram mais eficientes. Se não for dada a devida atenção durante o uso de analogias, corre-se o risco de se promover um número maior de concepções alternativas e indesejáveis entre os estudantes, o que não permitiria aos professores alcançar os objetivos propostos para a atividade de ensino. Ferraz & Terrazan (2002) ressaltam, a esse respeito, que um professor deve possuir conhecimentos didáticos específicos para saber usar esse tipo de recurso.

Para finalizar esta subseção deste capítulo dedicado à revisão da literatura, consideramos importante dizer que não encontramos critérios para distinguir as analogias de

outros tipos de comparações no trabalho de Thiele & Treagust (1994), em nenhum dos trabalhos de Ferraz & Terrazzan (2001, 2002 e 2003), nem tampouco nos artigos publicados por Bozelli & Nardi (2006 e 2012). Mozzer & Justi (2015) identificam essa mesma lacuna em sete outros trabalhos nacionais do campo de estudos das analogias no ensino de Ciências. Considerando a relevância desse critério para a investigação que nós conduzimos, no capítulo 3, nós apresentamos um conjunto de critérios extraídos da teoria que nos permitiu diferenciar as comparações estabelecidas pelo professor sujeito da nossa pesquisa.

### **2.3 - ESTUDOS NO CAMPO DA MULTIMODALIDADE**

Segundo Mortimer & Scott (2002), a influência da psicologia sócio-histórica ou sócio-cultural nas investigações em Educação em Ciências resultou no desenvolvimento gradual de um interesse sobre o processo de construção de significados e negociação de sentidos nas salas de aula de Ciências. Entre os artigos que se enquadram nesse campo de interesse e aos quais nós tivemos acesso por meio dos procedimentos de busca bibliográfica apresentados na seção 2.1 deste capítulo, nós dedicamos especial atenção àqueles voltados ao entendimento do papel de diferentes modos semióticos nos processos de comunicação e compartilhamento de significados no plano social das salas de aula de Ciências.

Tendo em vista nossa decisão de aderir à Teoria Multimodal da Semiótica Social, que será apresentada no 3º capítulo desta tese, nós priorizamos na revisão trabalhos que adotassem esse referencial ou que pudessem ser reinterpretados a partir dele. Dentre os trabalhos reunidos na revisão de literatura apresentada neste segundo capítulo da tese e que podem ser caracterizados dessa maneira, podemos citar os de Piccinini & Martins (2004), Márquez, Izquierdo & Espinet, (2006), Pozzer-Ardenghi *et al.* (2007), Barbosa *et al.* (2009), Padilha & Carvalho (2011), Tang (2013), Souza *et al.* (2014), Mortimer *et al.* (2014), Pereira *et al.* (2015), Moro *et al.* (2015) e Zhang (2016). A premissa da maioria desses trabalhos é a de que linguagem verbal não é o único recurso de expressão que deve ser considerado nos estudos dos processos de comunicação que medeiam o ensino e a aprendizagem das Ciências. Há, portanto, um consenso de que professores e estudantes interagem por meio de diversos modos de comunicação incluindo gestos, movimentos do corpo, imagens, manipulação de objetos, dentre outros.

O trabalho de Piccinini & Martins (2004) foi um dos primeiros na literatura nacional a abordar aspectos da comunicação multimodal nas aulas de Ciências. Nele, as autoras fazem uma análise das interações discursivas em eventos de comunicação multimodal em uma sala de aula de Ciências. Os resultados dessa pesquisa mostram que ações, gestos e linguagem verbal foram mobilizados em contextos específicos, valorizados pelos interlocutores e tornados legítimos

para efeito da comunicação pretendida naquela situação social. As autoras destacaram também a sensibilidade da professora observada que, à época, tinha 15 anos de experiência, na orquestração retórica do processo de construção de explicações coletivas pelos estudantes.

Em uma direção de afastamento e não de aproximação com a pesquisa apresentada nesta tese, encontramos na revisão alguns trabalhos estruturados em torno de conceitos que exigem certo cuidado de nossa parte para serem reinterpretados a partir dos conceitos da Teoria Multimodal da Semiótica Social. Esses trabalhos abordam diversos temas da Educação em Ciências, tais como as atividades de modelagem e argumentação (PADILHA & CARVALHO, 2011; PAGANINI *et al*, 2014), os laboratórios de ensino (LABURÚ & SILVA, 2011b), as concepções de estudantes a respeito de conceitos científicos (SOUZA & ALMEIDA, 2002), os textos de popularização científica (PEREIRA & TERRAZZAN, 2011), o uso de representações (BICA & ROEHRS, 2015) e a alfabetização científica (KNAIN, 2006).

Os trabalhos de Laburú e colaboradores (LABURÚ & SILVA, 2011a e 2011b; ZOMPERO & LABURÚ, 2011; GOYA & LABURÚ, 2014) se enquadram entre aqueles que apenas tangenciam os conceitos mais tipicamente usados no campo dos estudos de multimodalidade estruturados em torno da Semiótica Social. Esses autores reconhecem a variedade de representações da linguagem científica e a diversidade de modos discursivos utilizados para comunicá-la e para isso utilizam os conceitos de “múltiplas representações” e “multimodalidade representacional”. O primeiro designa a prática de representar um mesmo conceito ou processo científico de diferentes maneiras. O segundo se refere aos diversos meios ou recursos perceptivos associados a diferentes formas de representação concebidas e comunicadas (LABURÚ & SILVA, 2011b, p. 724).

Há trabalhos em uma posição intermediária entre aqueles mais próximos da pesquisa que nós empreendemos, como é o caso do trabalho de Piccinini & Martins (2004) e aqueles que se distanciam mais de nossos interesses e referenciais teóricos como os de Laburú e colaboradores. Esses outros trabalhos focalizam alguns modos específicos de comunicação. Muitos trabalhos têm se dedicado a estudar, por exemplo, o papel dos gestos nas interações entre professores e estudantes nas salas de aula de Ciências (ROTH & WELZEL, 2001; KELLY *et al*, 2008; ROTH & TOBIN, 2010; PADILHA & CARVALHO, 2011; GIORDAN *et al*, 2015; PEREIRA *et al*, 2015; MORO *et al*, 2015). Outros têm-se dedicado a estudar, no contexto da Educação em Ciências, o papel de modos visuais (WILSON, 2008; GILLEN *et al*, 2008; PEREIRA & TERRAZZAN, 2011; POLMAN & GEBRE, 2015). Outros, ainda, dão destaque aos modos de comunicação acionais (CAPELLE & PAULA, 2013; WILSON, 2013).

Mortimer *et al* (2014) investigaram como duas professoras do Ensino Superior mobilizam diferentes modos semióticos (fala, gesto, desenho no quadro, projeção na tela, manipulação de modelos moleculares e proxêmica) e promovem interações entre eles na

construção de significados em aulas de Química Orgânica. Os autores afirmam que a articulação dos diversos modos semióticos potencializa essa construção. Reconhecem a importância das investigações sobre a forma como professores do Ensino Superior usam e articulam esses modos, a fim de entender os processos de comunicação em sala de aula para além do que tem sido feito normalmente nas pesquisas em educação, onde a ênfase, segundo os autores, recai sobre o uso da linguagem.

Como parte do mesmo programa de pesquisa, os trabalhos de Pereira *et al* (2015) e de Moro *et al* (2015) também focaram na orquestração dos gestos com outros modos de comunicação. No trabalho de Pereira *et al* (2015), o foco específico foi dado ao uso de gestos recorrentes em conjunto com outros modos. Os autores observaram e registraram em vídeo as aulas de uma professora de Química do Ensino Superior. Sobre as aulas nesse nível de ensino, os autores reconhecem que, em geral, os professores realizam exposições em que predominam o uso da fala e dos gestos. Mas que, nas aulas de Ciências, além das falas e dos gestos, eles utilizam outros recursos como projeções, desenhos e modelos, a fim de conferir sentido aos conteúdos que trabalham. Segundo os autores, esses recursos influenciariam a forma como os professores gesticulam e orquestram a fala e os gestos. Em suas considerações finais, Pereira *et al* (*idem*) destacam a importância da experiência da professora observada. Os autores afirmam que a experiência dela permite que ela conheça as possíveis dificuldades dos estudantes relacionadas a cada tema ensinado. Tal experiência permite que a professora faça escolhas dos modos tendo como foco essas dificuldades e a forma que julga ser a mais adequada para tornar mais claro o entendimento de um determinado conceito.

No trabalho de Moro *et al* (2015), os gestos foram analisados em articulação com a fala e as representações químicas escritas por uma professora. Especificamente, os autores analisaram como essas representações influenciaram a realização dos gestos por essa professora de Química. Para tanto, os autores adotaram a descrição funcional dos gestos, de Kendon (2004), por considerar que esse autor apresenta a “classificação mais completa” encontrada na literatura sobre gestos, permitindo uma análise mais aprofundada. Concordamos com Moro *et al* a respeito das possibilidades oferecidas por essa teoria. No entanto, nós fazemos uma breve ressalva: consideramos que a teoria funcional de Kendon (2004), que está apresentada com mais detalhes na seção 3.5 desta tese, não propõe e não se limita a um sistema de classificação dos gestos. Kendon (*idem*) afirma que qualquer categoria utilizada para classificar gestos é um recurso temporário utilizado localmente e dependente dos propósitos do pesquisador (p. 107). De acordo com esse autor, devemos considerar as categorias que ele propõe como relacionadas com funções desempenhadas pelos gestos na comunicação, e não como um sistema de classificação com um fim em si mesmo.

A nossa escolha pela teoria de Kendon (2004) para análise dos gestos ocorre a despeito da existência de outros autores que estudam os gestos como modo de comunicação dentro do escopo da Semiótica Social que faz parte do nosso referencial teórico-metodológico. Há trechos específicos nos trabalhos desse autor que apoiam a nossa escolha em usar sua teoria juntamente com a Semiótica Social<sup>8</sup>. Assim, por exemplo, Kendon (1985) define os gestos como formas silenciosas de mover partes do corpo no espaço-tempo. Por causa dessa característica dos gestos, a percepção fisiológica deles não compete com a percepção da fala. Na perspectiva da Semiótica Social, isto significa dizer que os meios usados pelos modos verbais e pelos gestuais são diferentes e não compete um com o outro quando usados simultaneamente em um ato de comunicação. Em outro estudo, Kendon (1997, p. 115) afirma que a pesquisa precisa nos ajudar a entender melhor como os vários recursos de expressão são articulados uns com os outros. Nos termos da Semiótica Social, isto é equivalente a dizer que é importante compreender como enunciadorees orquestram vários modos de comunicação nos atos de comunicação. No capítulo 3 nós apresentamos os principais conceitos da sua teoria que fundamentam a nossa análise.

Retomando o trabalho de Moro *et al* (2015), vimos que esses autores citam um estudo realizado com professores universitários que mostrou que quanto mais expressivos são os professores, mais gestos e expressões faciais eles realizam. O trabalho de Barbosa *et al* (2009) também investigou aspectos relacionados à expressividade de professores do Ensino Superior, analisando elementos relacionados à expressividade verbal, como a acústica e os padrões de fluência da fala, e à expressividade não verbal, como a ocorrência de gestos e as expressões faciais. Nessa análise, os autores destacaram a influência das emoções tanto na fluência da fala quanto nos parâmetros não verbais analisados.

Entre outros trabalhos dedicados a analisar o papel desempenhado pelos gestos no plano social das salas de aula de Ciências, destacamos ainda o de Giordan *et al*(2015), cujo objetivo era o de discutir o uso de representações estruturais no ensino de Química por meio da relação entre gestos e determinadas operações epistêmicas (definição, descrição, descrição molecular, generalização, explicação, exemplificação e comparação). Giordan *et al* (2015) analisaram episódios de ensino, abordaram a teoria de Kendon (2004), mas adotaram como referencial para análise as categorias gestuais de McNeill (2005). Percebemos que a comparação, compreendida como uma operação epistêmica no trabalho de Giordan *et al*, não implica necessariamente em analogias. A respeito dessa operação epistêmica, os autores não conseguiram estabelecer qualquer relação entre os gestos dos professores e o estabelecimento de comparações. No entanto, nas discussões de seus resultados de pesquisa, os autores apresentam a combinação entre categorias gestuais e operações epistêmicas como uma metodologia capaz de mapear

---

<sup>8</sup>CAPPELLE, V.; PAULA, H. F. *Gestures, actions and words in a Biology Classroom*. Belo Horizonte, 2015. 26 p. Não publicado.

processos cognitivos em sala de aula. Consideram também que essa combinação pode promover reflexões sobre como os significados são construídos nas salas de aula de Ciências.

De modo geral, nos trabalhos encontrados em nossa revisão sobre os múltiplos modos de comunicação envolvidos nos processos de construção e compartilhamento de significados na Educação em Ciências, não encontramos nenhum que tivesse abordado o uso de analogias sob essa perspectiva. Ou seja, como já havíamos indicado no primeiro capítulo desta tese, as maneiras pelas quais professores de Ciências constroem analogias em sala de aula e o uso de múltiplos modos de comunicação que eles utilizam com essa finalidade parece não terem sido investigadas até o presente momento.

## **2.4 - ANALOGIAS E A COMUNICAÇÃO MULTIMODAL NA EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS**

A fim de concluir nossas considerações a respeito do que dizem os trabalhos que estudam a comunicação multimodal no ensino de Ciências sobre o uso de analogias em sala de aula, e dimensionar nossa provável contribuição, decidimos realizar novos procedimentos de busca por associação dos dois campos de interesse da nossa pesquisa.

Optamos por apresentar os dados dessas buscas bibliográficas nesta seção. O quadro 9 apresenta os resultados das buscas realizadas nas três bases de dados (ERIC, *Wiley Online Library* e SciELO Brasil) consultadas para a composição do *corpus* da nossa revisão bibliográfica. Esses últimos procedimentos de busca foram realizados com expressões booleanas elaboradas com os principais termos descritores dos dois campos de interesse para a nossa pesquisa – o campo de estudos sobre as analogias e o da multimodalidade, ambos no contexto da Educação em Ciências. As expressões booleanas com associação desses termos foram definidas a partir das expressões apresentadas nos quadros anteriores (quadros de 1 a 5). Para tanto, nós partimos das expressões que geraram os resultados mais abrangentes, com quantidades de artigos adequadas para os procedimentos de seleção.

Na seleção de artigos, procuramos por meio da leitura de resumos trabalhos que apresentassem algum tipo de aproximação entre o campo das analogias e o campo da multimodalidade, no contexto da Educação em Ciências. Em outras palavras, estávamos interessados em trabalhos de pesquisa que, de alguma forma, abordassem as analogias na Educação em Ciências sob a perspectiva da multimodalidade, ou em investigações no campo da comunicação multimodal no ensino de Ciências que fizessem alguma menção ao uso de analogias. O quadro 9 apresenta os resultados das nossas buscas.



**Quadro 9**– Resultados das buscas em três bases por meio da associação de descritores dos campos da analogia e da multimodalidade na Educação em Ciências.

Base	Expressão booleana	Resultados	Selecionados
ERIC	<i>su(analog*) AND ab(((science NEAR/1 education OR science NEAR/1 class* OR science NEAR/1 teaching))) AND ab((multimodality OR gesture*))</i>	0	0
	<i>if(analog*) AND ab(((science NEAR/1 education OR science NEAR/1 class* OR science NEAR/1 teaching))) AND ab((multimodality OR gesture*))</i>	0	0
	<i>ab(analog*) AND ab(((science NEAR/1 education OR science NEAR/1 class* OR science NEAR/1 teaching))) AND ab((multimodality OR gesture*))</i>	1	0
	<i>analog* AND ((science NEAR/1 education OR science NEAR/1 class* OR science NEAR/1 teaching)) AND (multimodality OR gesture*)</i>	2	0
Wiley	<i>analog* in Article Titles AND ("science education" OR "science teaching" OR "science class*") in FullText AND (multimodality OR multimodal communication OR "modes of communication") in Abstract</i>	0	0
	<i>analog* in Article Titles AND ("science education" OR "science teaching" OR "science class*") in FullText AND gesture* in Abstract</i>	0	0
SciELO	<i>analogias [Resumo] and multimodalidade [Resumo]</i>	0	0
	<i>analogias [Resumo] and comunicação multimodal [Resumo]</i>	0	0
	<i>analogias [Resumo] and gestos [Resumo]</i>	0	0

**Fonte:** Quadro elaborado pelo autor. Atualização das buscas: Maio de 2016.

Os dados apresentados no quadro 9 indicam que, até o presente momento, pouca ou nenhuma atenção foi dada à dimensão expressiva ou comunicativa no processo de uso ou construção de analogias nas salas de aula de Ciências. De acordo com esse quadro, nas três bases de dados consultadas, não encontramos nenhum trabalho que efetivamente abordasse o uso de analogias no ensino de Ciências sob a perspectiva da comunicação multimodal, tampouco trabalhos no campo da multimodalidade que lidasse com especificidades desse tipo de recurso de mediação didática.

Tendo em vista essa aparente lacuna na literatura referente aos aspectos comunicativos da construção das analogias no ensino de Ciências, acreditamos que a nossa investigação poderá contribuir para um novo tipo de análise potencialmente promissor: as relações entre as características das analogias e os recursos expressivos que constituem sua construção em sala de aula.

## CAPÍTULO 3 – REFERENCIAL TEÓRICO E UNIDADE DE ANÁLISE

Para investigar o uso de analogias e outras comparações construídas em sala de aula pelo sujeito da nossa pesquisa, nós concebemos uma unidade de análise que articula duas dimensões: uma estrutural e outra expressiva. As teorias que sustentam nossa unidade de análise são mostradas no Quadro 10 e caracterizadas nas seções seguintes deste capítulo.

**Quadro 10** – Teorias que sustentam nossa unidade de análise.

<i>Dimensão Estrutural da análise</i>	<i>Dimensão Expressiva da análise</i>
Teoria do Mapeamento Estrutural, de Gentner (1983)	Teoria Multimodal da Semiótica Social, de Kress (2001)
<i>Multiconstraint theory</i> , de Holyoak & Thagard (1989)	Descrição funcional dos Gestos, de Kendon (2004)

Fonte: Ferry & Paula, 2015.

### 3.1 - TEORIA DO MAPEAMENTO ESTRUTURAL DAS ANALOGIAS

#### *As analogias e os outros tipos de comparações*

Em nossa pesquisa, utilizamos a Teoria do Mapeamento Estrutural (*Structure-Mapping Theory*) proposta originalmente por Dedre Gentner (GENTNER, 1983; GENTNER & MARKMAN, 1997). Essa teoria nasceu na Psicologia Cognitiva e tem sido usada no campo da Educação em Ciências em pesquisas sobre o uso de comparações nos processos de ensino e aprendizagem (ver, por exemplo, MOZZER & JUSTI, 2013 e 2015).

De acordo com essa teoria, a especificidade das analogias em relação aos outros tipos de comparação pode ser identificada por meio de um mapeamento das similaridades postuladas entre relações existentes no domínio familiar e no domínio pouco conhecido, que também são conhecidos, respectivamente, como domínios base e alvo. Gentner (1983, p. 156) afirma que esses domínios são sistemas que incluem elementos (objetos, estados ou processos), atributos (características dos elementos) e relações tanto entre os elementos, quanto entre os atributos dos elementos.

Além das analogias, Gentner (idem) propõe a existência de outros dois tipos de comparação denominadas *similaridades de mera aparência* e *similaridades literais*. Nas comparações de mera aparência as similaridades são estabelecidas, predominantemente, entre atributos de elementos pertencentes ao domínio base (DB) e atributos de elementos pertencentes ao domínio alvo (DA). Assim, por exemplo, pode-se dizer que um gráfico de uma distribuição de Gauss, ou gaussiana, tem aparência similar ao do sino de uma igreja. De modo geral, esse tipo de comparação tem foco em propriedades descritivas de elementos pertencentes aos dois domínios, tais como a forma, a cor, o tamanho, etc.

As similaridades literais se aproximam das similaridades de mera aparência no sentido de que atributos dos elementos que pertencem ao DB devem corresponder àqueles que pertencem ao DA. Por outro lado, também se aproximam das analogias dada a exigência de similaridades entre relações existentes em cada domínio. A título de exemplo vejamos uma comparação de similaridade literal entre uma usina hidrelétrica (DB) e uma termelétrica (DA). Há elementos correspondentes nos dois sistemas, tais como tubos, reservatórios de água, e turbinas movidos a partir da água (líquida no DB e vapor de água no DA). Há, também, uma correspondência entre as relações dos elementos dos dois domínios. Assim, no DB, podemos dizer que “o aquecimento da água pelo Sol é o processo mais importante, pois origina o movimento da água líquida que, posteriormente, serve para a produção de energia elétrica pela turbina”. De forma similar, no DA diremos que “o aquecimento da água pela fornalha é o processo mais importante, pois origina o movimento do vapor de água que, posteriormente, serve para a produção de energia elétrica na turbina”.

No caso das analogias, as correspondências são estabelecidas, predominantemente, entre relações. Não há necessidade de correspondência entre atributos que pertencem a cada domínio. Assim, por exemplo, quando alguém diz que um microfone piezoelétrico é análogo à cóclea humana, o foco de sua comparação está no funcionamento desses sistemas, pois não há, efetivamente, correspondência entre atributos dos elementos que constituem o microfone piezoelétrico e aqueles que constituem a cóclea. Por essa razão, jamais poderíamos dizer que a comparação entre microfone e cóclea envolve uma similaridade literal. Afinal, o microfone piezoelétrico é apenas um cristal ligado a fios condutores, que produz uma onda elétrica ao sofrer deformações provocadas por uma onda sonora. A cóclea tem uma estrutura imensamente mais complexa do que a do microfone piezoelétrico. Nela, um líquido produz deformações em um enorme conjunto de células especiais individuais que, ao serem deformadas, geram impulsos nervosos. Apesar da enorme diferença entre os elementos que compõem o microfone (cristal e fios de cobre) e aqueles que compõem a cóclea (estruturas ósseas, líquidos, membranas, células, etc.), o microfone pode ser usado para substituir a cóclea, em um procedimento médico conhecido como implante coclear. Nesse sentido, ele é realmente análogo à cóclea do ponto de vista da estimulação dos terminais nervosos que permitem ao cérebro de um ser humano produzir sensações sonoras.

Além das similaridades de mera aparência, das analogias e das similaridades literais, Gentner (idem) fala de um quarto tipo de comparação denominada *Anomalia*, na qual o mapeamento das similaridades entre os dois domínios comparados não encontra correspondências, nem entre atributos dos elementos, nem, tampouco, entre as relações que os elementos exibem em cada domínio. O quadro 11, a seguir, sintetiza as diferenças entre os tipos de comparações identificadas por Gentner (1983).

**Quadro 11** – Predicados mapeados em diferentes tipos de comparações entre domínios.

<b>Tipo de comparação</b>	<b>Atributos de elementos mapeados do DB para o DA</b>	<b>Relações mapeadas do DB para o DA</b>	<b>Exemplo</b>
Similaridade literal	Muitos	Muitas	<i>O sistema solar K5 é como o nosso sistema solar.</i>
Analogia	Poucos	Muitas	<i>O átomo de Bohr é como o nosso sistema solar.</i>
Anomalia	Poucos ou nenhum	Poucas ou nenhuma	<i>O buraco negro no centro da Via Láctea é como um ponto escuro em um pedaço de papel.</i>
Similaridade de mera aparência (*)	Muitos	Poucas	<i>O átomo de Dalton é como uma bola de sinuca.</i>

(\*) Gentner (1983) não distingue a similaridade de mera aparência de outros tipos de comparação por meio de uma tabela, embora a caracterize de forma clara no seu artigo.

**Fonte:** Produzido pelo autor e inspirado em Gentner (1983).

Os exemplos de anomalia e comparação por mera aparência que aparecem no Quadro 11 não foram elaborados por Gentner (1983). Nós mesmos os criamos por considerá-los mais pertinentes à nossa pesquisa do que os exemplos concebidos originalmente pela autora. O exemplo que envolve um buraco negro e um ponto escuro em um pedaço de papel mostra uma comparação que não tem cabimento e, nesse sentido, é totalmente anômala, desde que estejam disponíveis conhecimentos suficientes sobre os dois domínios comparados. Afinal, não há nenhum atributo correspondente entre os domínios e, muito menos relações entre os elementos ou os atributos desses elementos: buracos negros são tridimensionais e produzem uma enorme deformação no espaço-tempo capaz de atrair matéria e luz; pigmentos escuros são constituídos por pequenas partículas que se espalham sobre uma superfície bidimensional e acrescentam a ela quantidades irrisórias de matéria. Na ausência desses conhecimentos, todavia, pode não parecer anômalo comparar buracos negros e pigmentos escuros no papel.

Distinguir as comparações com base nos predicados mapeados nos dois domínios, como faz a síntese apresentada no Quadro 11, é uma escolha claramente vinculada à Psicologia Cognitiva. Tal distinção desconsidera aspectos discursivos importantes que devem ser levados em consideração quando investigamos os efeitos de sentido que uma comparação pode apresentar em um contexto sócio histórico específico. Desde esse ponto de vista, a distinção entre comparações não pode ser realizada, apenas, por critérios lógicos e quantitativos.

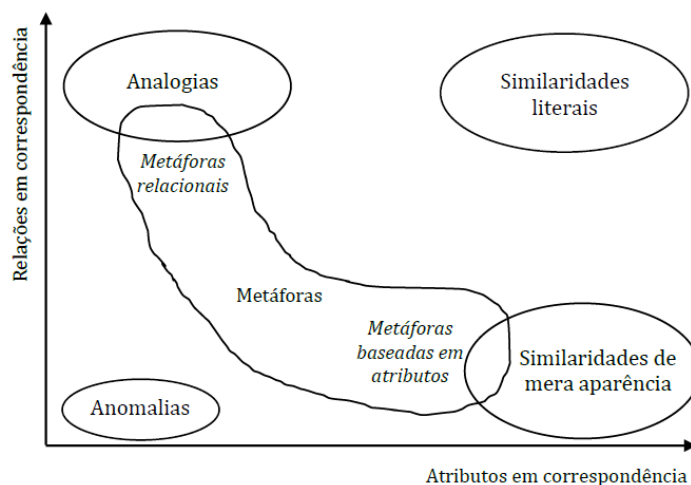
Assim, por exemplo, mesmo que uma analogia possa ter, do ponto de vista lógico, muitas relações potencialmente mapeáveis entre o DB e o DA, nada garante que todas essas relações serão compreendidas pelos estudantes e compartilhadas no plano social da sala de aula. Em outras palavras, dependendo da capacidade retórica do professor e dos conhecimentos prévios dos estudantes, uma comparação potencialmente analógica pode se configurar como uma

comparação por mera aparência ou até mesmo como uma anomalia. Assim também uma anomalia pode ser equivocadamente considerada como uma analogia.

Por fim, considerando duas comparações potencialmente analógicas, sendo a primeira muito mais complexa que a segunda, podemos encontrar interações discursivas nas quais as complexidades potenciais da primeira analogia podem não ser compreendidas e compartilhadas. Nesse caso, a relação de complexidade pode ser invertida. Além disso, a analogia potencialmente menos complexa pode acabar tendo um papel muito mais relevante nos processos de ensino e aprendizagem, a despeito de suas limitações originais.

Os quatro tipos de comparações e os critérios para diferenciá-los, que haviam sido apresentados por Gentner (1983), foram novamente retomados em Gentner & Markman (1997), por meio de uma representação gráfica, que está reproduzida na figura 01, a seguir. Esse gráfico apresenta um “espaço de similaridades” definido pelo grau de similaridade relacional *versus* o grau de similaridade baseada em atributos. Os autores do gráfico o conceberam com o intuito de orientar a distinção entre analogias e os outros tipos de comparação. Para eles, uma analogia ocorre quando a comparação envolve um alto grau de similaridade relacional e um baixo grau de similaridade baseada em atributos.

**Figura 1** – Espaço de similaridades mostrando diferentes tipos de comparação em função do número de relações e de atributos colocados em correspondência.



**Fonte:** Gentner & Markman (1997, p. 48)

A figura 01 é interessante no sentido de que apresenta um novo tipo de comparação não mencionada no Quadro 11: as metáforas. Os exemplos de metáforas dados por Gentner (2001) e Gentner & Markman (1997) apresentam uma concepção desse tipo de comparação muito similar àquela que encontramos na Retórica Antiga:

Na Retórica Antiga definia-se a metáfora como uma comparação abreviada, elíptica, concebida nos termos de uma figura de plano de conteúdo [...] resultante de uma comparação entre dois termos, *A* e *B*, tomados como

impropriamente semelhantes entre si; *A* seria, então, o termo a definir – o *comparado* – e *B* o *comparante* que o define a partir de um fundamento (sema comum a *A* e *B*) impróprio, com supressão da partícula comparativa (como, qual, tal, tal como...) (LOPES, 1986, p.24).

Entre os exemplos de metáforas encontrados nos trabalhos de Gentner e de seus colaboradores, os enunciados “*Meu trabalho é uma prisão*”, “*Enciclopédias são minas de ouro*” ou ainda “*A lua é uma moeda de prata*”, são, claramente, comparações abreviadas. De acordo com Lopes (1986), em comparações abreviadas como essas, o enunciador tenta expressar um dado segmento discursivo por meio de um paradigma inesperado, pouco familiar, utilizando-o no lugar do paradigma esperado, programado em nossa memória.

Por meio da figura 01, Gentner & Markman (1997) apresentam dois tipos de metáforas: as metáforas relacionais (*relational metaphors*), baseadas em relações, e as *attribute metaphors*, isto é, metáforas baseadas em atributos. As diferenças entre as metáforas relacionais e as baseadas em atributos são como as diferenças apresentadas pelos autores entre analogias e similaridades de mera aparência.

Segundo Mozzer & Justi (2015), as metáforas podem ser convertidas em analogias. A esse respeito, as autoras, que também adotaram a teoria do mapeamento estrutural das comparações como seu referencial teórico, disseram:

Refletindo sobre a importância que as conexões entre o análogo e o alvo assumem no uso eficiente de uma comparação no ensino de Ciências, o uso de metáforas nesse contexto se mostra limitado, a menos que seus aspectos relacionais implícitos, quando existentes, sejam explicitados. Neste caso, porém, metáforas se convertem em analogias. (MOZZER & JUSTI, 2015, p. 132).

A respeito das analogias, Gentner & Markman (1997) afirmam que as correspondências estabelecidas supõem a existência de um alinhamento estrutural entre os domínios comparados. O método de análise para a realização de um mapeamento de similaridades consiste em identificar:(i) os elementos colocados em correspondência; (ii) os atributos ou características desses elementos que são relevantes para a comparação; (iii) as relações que, dentro de cada domínio, são estabelecidas entre elementos, atributos ou outras relações “de ordem inferior” ou, em outras palavras, menos complexas do que aquelas identificadas no mapeamento de similaridades feito pelo analista.

### ***Limitações das Comparações***

A literatura dedicada ao estudo das analogias na Educação em Ciências tem sido recorrente ao abordar as potencialidades e os riscos associados ao uso desses recursos de mediação didática. Um dos focos de preocupação é o modo como as limitações das analogias são abordadas. Entre os trabalhos de revisão a que tivemos acesso e que tratam especificamente dessa preocupação, destacamos o de Duarte (2005), por sua abrangência, relevância e

contribuição, e o de Mozzer & Justi (2015) porque, como nós, essas autoras também adotaram a teoria do mapeamento estrutural das analogias como referencial teórico.

Segundo Mozzer & Justi (2015), as limitações de uma analogia podem ser compreendidas como sendo as “características e propriedades não compartilhadas entre o análogo e o alvo e/ou as condições nas quais a analogia não se aplica” (p. 125).

Entre os autores que chamam a atenção tanto para as potencialidades, quanto para os problemas do uso de analogias na Educação em Ciências, Duarte (2005) destaca as contribuições de Duit (1991) e Treagust *et al.* (1992). Entre os problemas, a autora destaca a possibilidade dos estudantes centrarem-se somente nos “aspectos positivos” das analogias e desvalorizar suas limitações. De modo similar, Mozzer & Justi (2015) dizem que o “problema” não é a existência de limitações inerentes a qualquer comparação, mas a não explicitação das mesmas. Nesse sentido, essas autoras reiteram as orientações de Glynn (1991), e Thiele & Treagust (1994) ao afirmar que: “as limitações das analogias devem ser exploradas com os estudantes” (MOZZER & JUSTI, 2015, p. 137).

No contexto da Teoria do Mapeamento Estrutural das comparações, Markman & Gentner (1996) apresentam dois conceitos úteis para a identificação de limitações nas analogias que são nomeados pelas expressões: diferenças alinháveis (*alignable differences*) e diferenças não-alinháveis (*nonalignable differences*) entre os domínios comparados. As diferenças alinháveis estão relacionadas ou conectadas com os pontos em correspondência entre os domínios. As não-alinháveis são diferenças que não estão conectadas aos pontos correspondentes, ou seja: não se integram à *estrutura relacional comum* da analogia. O conceito de *estrutura relacional comum*, que é fundante na teoria do mapeamento estrutural, será apresentado em uma subseção específica algumas páginas adiante.

Segundo a teoria do mapeamento estrutural, as diferenças alinháveis não podem ser determinadas até que as semelhanças entre os domínios (*the commonalities*) sejam conhecidas. Dessa forma, podemos entender que as diferenças alinháveis se aproximam daquilo que a literatura chama de limitações da analogia, na medida em que tais diferenças, se não explicitadas, podem conduzir a mal-entendidos acerca do domínio alvo. Há uma tensão nas comparações constituída pela existência de correspondências que devem ser estabelecidas e outras que devem ser interditas. De acordo com o referencial teórico que adotamos em nossa pesquisa, a interdição se faz pela explicitação das diferenças alinháveis e contribui para determinar a abrangência e a limitação da comparação.

### ***Restrições estruturais das analogias***

Segundo Gentner & Markman (1997), há três restrições a serem observadas para identificar uma comparação como sendo uma analogia. Paráfrases dessas restrições são

apresentadas a seguir, pois nós as adaptamos ao interesse e ao objeto da nossa pesquisa. A esse respeito vale lembrar, como já salientamos, que a Teoria do Mapeamento Estrutural provém da Psicologia Cognitiva e que nossa pesquisa investiga o uso de comparações, em sala de aula, por um professor cujo objetivo é ensinar Química. Sendo assim, nossos dados revelam escolhas discursivas do professor, ao invés de buscar ou postular, como faz a Psicologia Cognitiva, eventuais operações cognitivas realizadas por esse sujeito durante as comparações que compõem o seu discurso.

A primeira restrição a ser observada na identificação das especificidades de uma analogia é a consistência estrutural. Duas características definem a consistência estrutural. A primeira é a necessidade de que cada elemento, atributo ou relação do DB tenha correspondência com um elemento, atributo ou relação do DA. A segunda característica é o estabelecimento de uma conectividade em paralelo entre os constituintes de cada domínio. Assim, por exemplo, quando o professor realiza uma comparação entre a distribuição das notas dos alunos em uma prova e a distribuição de energia cinética das moléculas durante uma reação química (ver Quadro 32), ele estabelece uma conectividade em paralelo entre: (i) o atributo nota mínima para aprovação dos alunos, do DB, e o atributo energia mínima para ocorrência da reação química, do DA; (ii) a relação entre os elementos nota média, alunos e prova, construída no interior do DB, e a relação entre os elementos energia média, moléculas e reação construída no interior do DA.

A segunda restrição para que uma comparação seja considerada uma analogia é o foco relacional. Em outras palavras, as analogias diferem de outras formas de comparação em virtude do foco que nelas se estabelece entre relações supostamente existentes entre os elementos do DB e outras postuladas para os elementos do DA.

A terceira e última restrição é a sistematicidade. De acordo com essa restrição, uma analogia mapeia, predominantemente, sistemas de relações conectados e governados por relações de ordem superior (relações entre relações), ao invés de predicados isolados constituídos apenas por atributos de elementos ou relações simples de primeira ordem.

Uma consequência do que Gentner & Markman (1997, p.47) chamam de foco relacional e de princípio da sistematicidade é a compreensão de que nas analogias há um aumento da quantidade e da complexidade das similaridades estabelecidas entre relações existentes em cada domínio. Por conseguinte, do ponto de vista discursivo, a teoria proposta por Gentner nos permite considerar contextualmente adequada a escolha pelo uso das analogias como forma de enriquecer os sentidos em circulação e aumentar as chances de compartilhamento de significados entre o professor e os estudantes.



### ***Mapeamento Estrutural***

A fim de representar as correspondências entre os domínios comparados, Gentner (1983) utiliza as seguintes expressões:

$$A(b_i) \rightarrow [A(t_i)] \quad (1)$$

Por meio da expressão 1, a autora representa uma correspondência entre atributos, isto é, entre um atributo (A) de algum elemento do domínio base ( $b_i$ ) para um atributo de algum elemento do domínio alvo (*target* -  $t_i$ ).

A expressão 2, semelhantemente, representa uma correspondência entre relações de primeira ordem, isto é, relações entre dois ou mais elementos que compõem cada domínio da comparação.

$$R(b_i, b_j) \rightarrow [R(t_i, t_j)] \quad (2)$$

Nessa segunda expressão, haveria uma correspondência entre uma relação entre os elementos  $b_i$  e  $b_j$ , pertencentes ao domínio base, e uma relação entre os elementos  $t_i$  e  $t_j$  do domínio alvo. Por se tratar de uma relação entre elementos, ou até mesmo entre atributos desses elementos, esse tipo de correspondência é concebida como uma similaridade entre relações de primeira ordem. Já a expressão 3 representa outro tipo de correspondência:

$$R'(R_1(b_i, b_j), R_2(b_k, b_l)) \rightarrow [R'(R_1(t_i, t_j), R_2(t_k, t_l))] \quad (3)$$

Nessa terceira expressão, dizemos que  $R'$  representa uma relação entre relações, isto é, uma relação entre as relações menos complexas  $R_1$  e  $R_2$ . Portanto, de acordo com a teoria, a relação  $R'$  encontrada em cada domínio é entendida como uma relação de ordem superior (*higher-order relation*).

Na seção 4.3.2 do capítulo de metodologia desta tese, há um quadro com o padrão de representação das correspondências que nós criamos para o mapeamento estrutural das comparações enunciadas pelo sujeito da nossa pesquisa. Nessa ocasião, justificaremos porque alteramos as expressões propostas originalmente por Gentner (1983).

### ***Estrutura relacional comum de uma analogia***

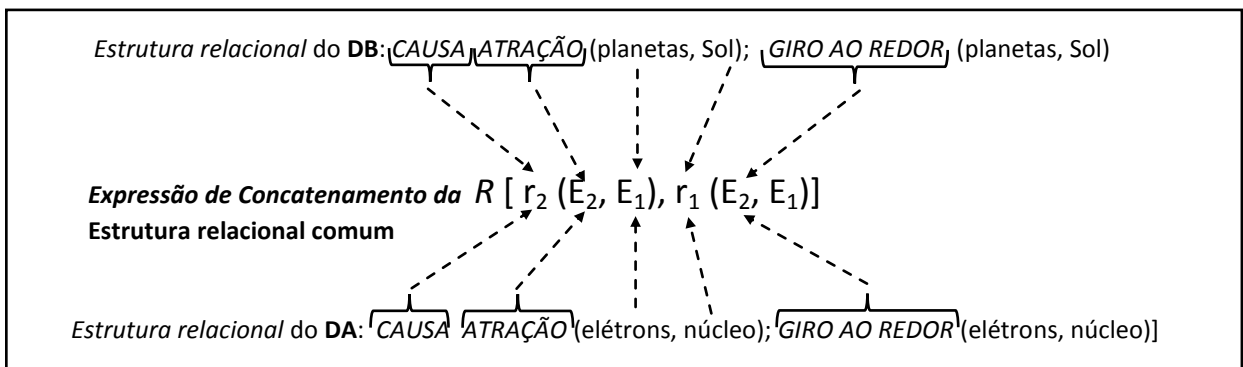
No contexto da teoria do mapeamento estrutural das comparações, uma analogia pode ser compreendida como um mapeamento entre dois domínios de conhecimento nos quais uma estrutura relacional comum pode ser alinhada (GENTNER & KURTZ, 2006, p. 610). A efetividade de uma relação analógica depende, principalmente, do tamanho e da profundidade de sua estrutura relacional comum (GENTNER, 1983; GENTNER & MARKMAN, 1997; GENTNER & KURTZ, 2006).

Embora o conceito de *estrutura relacional* de uma analogia seja um dos principais termos usados nos trabalhos de Gentner e seus colaboradores, a definição desse termo não aparece formalmente nos vários trabalhos aos quais tivemos acesso. No entanto, Gentner (1983) nos dá alguns exemplos elucidativos para entendermos o conceito e, ademais, afirma que uma analogia pode ser representada por uma “estrutura na qual um predicado relacional de ordem superior rege as conexões entre os predicados de ordem inferior” (p. 162). Essa afirmação aliada às três restrições anteriormente apresentadas – a consistência estrutural, o foco relacional e a sistematicidade – nos autoriza a entender o conceito de estrutura relacional comum como um conjunto de relações concatenadas que, uma vez presentes nos dois domínios, representa a estrutura de uma analogia.

Um dos exemplos apresentados por Gentner (1983) que elucida o significado do conceito de estrutura relacional comum é a comparação entre o modelo atômico de Rutherford e o sistema solar. Nessa analogia, a estrutura relacional presente no domínio base (o sistema solar) também pode ser mapeada no domínio alvo (o modelo atômico). Além das correspondências estruturais óbvias, tais como Sol/núcleo e planeta/elétron, Gentner (idem) mapeou dois outros tipos de relações em cada domínio ao elaborar esse exemplo. O primeiro tipo é composto por relações de *primeira ordem*, cuja expressão verbal seria: assim como os planetas *giram ao redor* do Sol, os elétrons *giram ao redor* do núcleo. A outra é uma relação de *segunda ordem* do tipo causa-efeito, cuja expressão verbal seria: assim como os planetas giram ao redor do Sol *devido à atração que essa estrela exerce sobre eles*, os elétrons giram ao redor do núcleo *devido à atração que essa estrutura do átomo exerce sobre eles*.

A partir desse exemplo, nós elaboramos uma ilustração (figura 02) para evidenciar uma expressão de concatenamento que constitui a estrutura relacional comum dessa analogia. Nessa figura, a letra r (minúscula) representa relações de primeira ordem, enquanto a letra R (maiúscula) representa a relação de segunda ordem. Os dois elementos colocados em relação em cada domínio foram representados pela letra E, seguida de um índice numérico (1 ou 2).

**Figura 2** – Representação da estrutura relacional comum da analogia entre o modelo atômico de Rutherford e o sistema solar.



**Fonte:** Ilustração elaborada pelos autores.

A figura 2 apresenta uma possível estrutura relacional para a analogia entre o modelo atômico de Rutherford (DA) e o sistema solar (DB). Nessa figura, demos destaque ao que nós estamos chamando de **expressão de concatenamento das relações**. Tal expressão, em termos algébricos, será a partir de agora escrita como  $R [r_2 (E_2, E_1), r_1 (E_2, E_1)]$ . É importante dizer que a estrutura relacional mostrada na figura 02 não esgota todas as possibilidades de mapeamento da analogia que lhe deu origem. Como esclarece a própria Gentner (idem), há outras relações mapeáveis<sup>9</sup> entre o sistema solar e o átomo de Rutherford. Eis dois exemplos: *É MAIS MASSIVO QUE (Sol e planetas, no DB) & (núcleo e elétrons, no DA)*; *ESTÃO MUITO DISTANTES UM DO OUTRO (Sol e planetas, no DB) & (núcleo e elétrons, no DA)*. Os exemplos adicionais sugerem que a estrutura relacional de uma analogia pode ser identificada por meio de uma ou mais de uma expressão de concatenamento, bem como que a atribuição de uma estrutura relacional de uma analogia deva ser identificada a partir das escolhas efetivamente realizadas por quem construiu esse tipo de comparação em um contexto sócio histórico específico.

### 3.2 - AS ANALOGIAS E A TEORIA DAS MÚLTIPLAS RESTRIÇÕES

Assim como a teoria apresentada no item 3.1 deste capítulo, a *Multiconstraint theory* de Holyoak & Thagard (1989) é recorrente na Educação em Ciências quando se põe em questão o papel das analogias no ensino ou os raciocínios envolvidos em uma analogia. Embora no trabalho de Mozzer (2008), que foi escrito em português, a autora mantenha o termo *multiconstraint* sem tradução, por afirmar que não encontrou uma palavra para expressar, adequadamente, seu significado na sua língua materna, nós optamos por traduzir *constraint* e *multiconstraint* com o uso dos termos restrição e múltiplas restrições, por entender que o contexto que criamos para apresentar e utilizar a teoria de Holyoak & Thagard (idem) dá a esses termos os sentidos que depreendemos da nossa interpretação da teoria.

Holyoak & Thagard (idem) consideram útil estudar a construção das analogias como sendo constituída por quatro processos: (i) a recuperação ou a seleção de um domínio base; (ii) o mapeamento das correspondências entre DB e DA; (iii) a produção de inferências sobre o DA a partir do conhecimento disponível sobre o DB, um processo que os autores chamam de *transferência analógica*; (iv) o uso da transferência analógica e a aprendizagem dela resultante. Para os autores, o núcleo lógico de uma analogia é a fase dois, isto é, o processo de mapeamento. No entanto, do ponto de vista pragmático, os processos associados às fases (iii) e (iv) são também considerados essenciais, pois somente eles nos permitem avaliar a utilidade pedagógica e heurística de uma analogia.

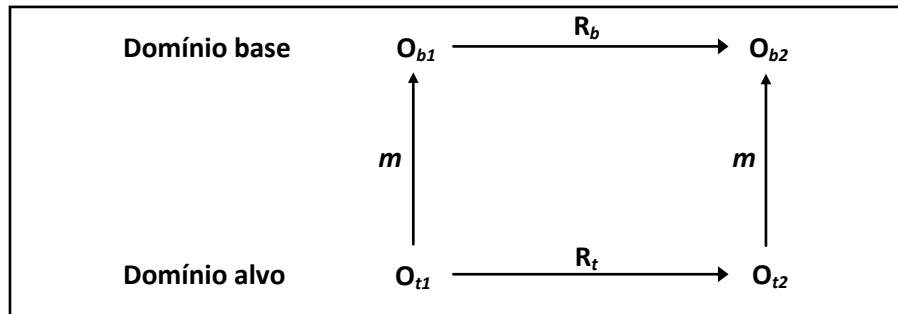
De acordo com esses autores, uma analogia deve satisfazer a três restrições fundamentais para ter utilidade pedagógica e heurística: (1<sup>a</sup>) ser estruturalmente consistente

---

<sup>9</sup> Gentner (1983) apresenta também outras relações não mapeáveis, como *HOTTER THAN (sun, planets)*.

ou, em outras palavras, apresentar certo isomorfismo entre DB e DA; (2<sup>a</sup>) garantir certa similaridade semântica entre os elementos que constituem o DB e aqueles que compõem o DA; (3<sup>a</sup>) estar em acordo com as intenções ou os propósitos a partir dos quais foi construída. Considerando a primeira dessas três restrições, os autores elaboraram a figura 03 apresentada a seguir, na qual a letra **m** substitui a palavra mapeamento e a letra **O** a palavra objeto.

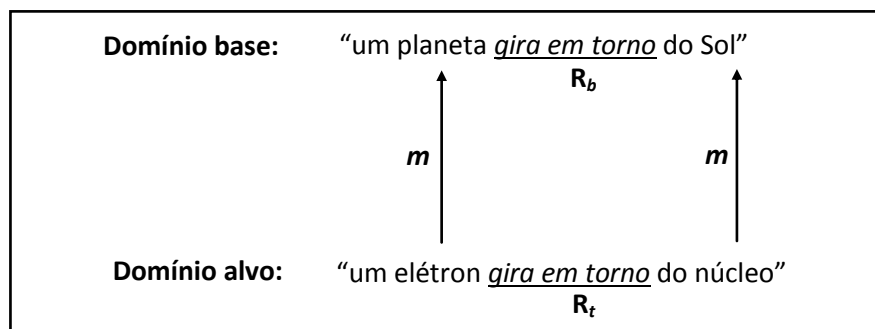
**Figura 3**– Condições básicas de isomorfismo em uma analogia para Holyoak & Thagard (1989)



Fonte: Holyoak & Thagard (1989, p. 300)

A figura 03 nos permite interpretar a restrição da consistência estrutural ou do isomorfismo como similar à exigência da existência de um paralelismo estrutural entre os domínios DB e DA que foi proposta por Gentner e seus colaboradores. Para exemplificar em que consiste esse paralelismo, podemos parafrasear a clássica comparação entre o modelo atômico de Rutherford e o sistema solar como: “um elétron gira em torno do núcleo atômico”, tal como “um planeta gira em torno do sol”. Na figura 04 usamos o diagrama apresentado na figura 03 para indicar o isomorfismo envolvido nessa analogia clássica, dada a título de exemplo.

**Figura 4**– Exemplo de isomorfismo em uma analogia clássica no ensino de Química.



Fonte: Elaborada pelo autor.

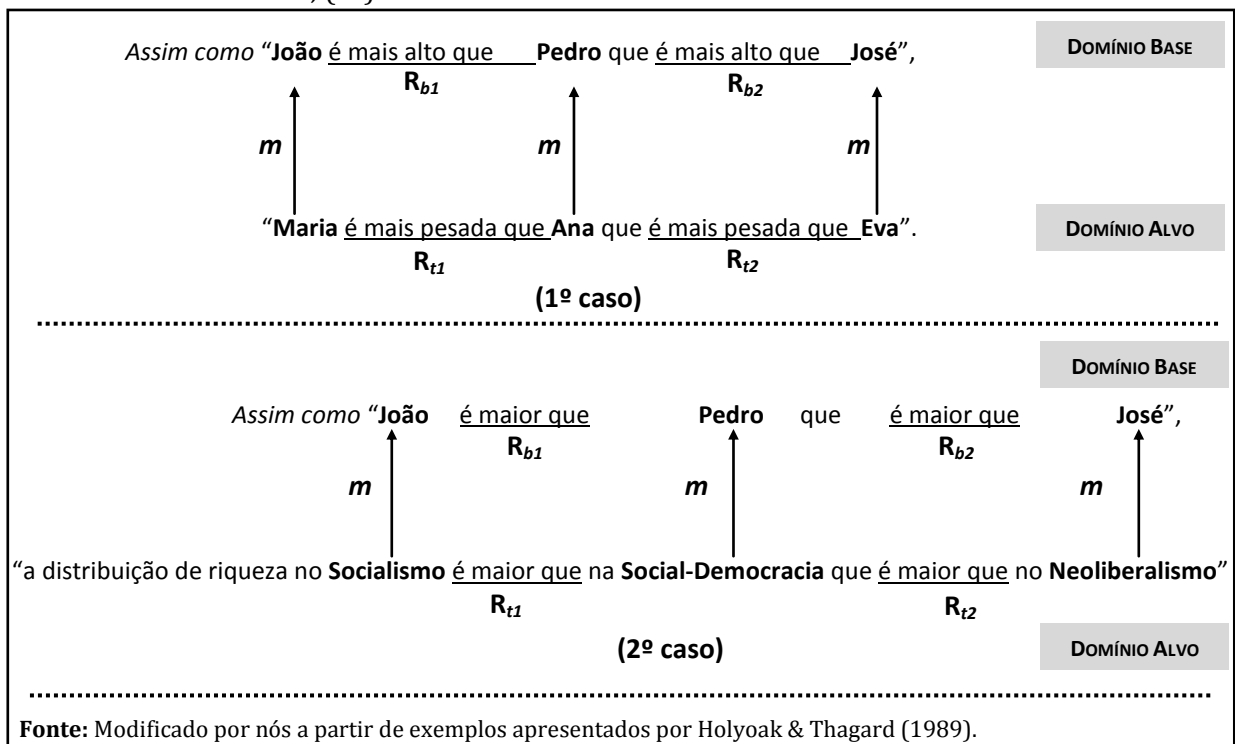
Segundo a restrição estrutural do isomorfismo, cada elemento do domínio alvo deve corresponder a somente um elemento do domínio base, e dois elementos do alvo não devem corresponder a um mesmo elemento da base. Essa condição deve ser tratada como um ideal que pode não ser completamente satisfeito em algumas analogias (HOLYOAK; THAGARD, 1989, p. 301), uma vez que alguns elementos no alvo podem não ter um elemento explicitamente

correspondente na fonte (e vice-versa). Pequenas violações a esse requisito não impediriam que uma analogia fosse potencialmente útil.

A similaridade semântica é apresentada como uma condição diretamente associada com a pertinência da escolha do domínio base. Segundo Holyoak & Thagard (1989), uma alta similaridade semântica entre objetos e relações correspondentes em uma analogia resulta em maior facilidade no mapeamento e, conseqüentemente, contribui para o sucesso da analogia. A falta de similaridade semântica, por outro lado, poderia produzir um tipo de comparação semelhante ao que Gentner (1983) chama de anomalia, pelo menos do ponto de vista da compreensão alcançada por parte dos estudantes. A partir dos exemplos dados na figura 05, a seguir, podemos compreender melhor essa afirmação.

Holyoak & Thagard (idem) afirmam que no primeiro caso apresentado na figura 05 a comparação apresenta claro isomorfismo, o que nos permite estabelecer um paralelismo estrutural entre elementos e relações dos dois domínios. Além disso, nesse primeiro caso, existe uma elevada similaridade semântica entre os elementos dos dois domínios (três homens no DB e três mulheres no DA) e entre relações (“é mais alto que” no DB e “é mais pesada que” no DA). Afinal, as duas relações estão baseadas em uma única medida (estatura no DB e massa corporal no DA). Por conseguinte, nesse primeiro caso, as relações e os elementos mapeados possuem significados semelhantes. Sendo assim, de acordo com a restrição denominada similaridade semântica nós podemos dizer que se trata de uma boa analogia.

**Figura 5** – Dois casos de comparações envolvendo similaridades semânticas distintas: (1º) alta similaridade semântica; (2º) baixa similaridade semântica.



Já no segundo caso, os autores entendem que também estamos diante de uma comparação na qual há isomorfismo e consistência estrutural, dada a possibilidade formal de associar os três sistemas políticos (Socialismo, Social-Democracia e Neoliberalismo) e os três homens (João, Pedro e José), seguida da possibilidade de associar o par de palavras “maior que” que identifica as relações estabelecidas entre os elementos de cada domínio. Por outro lado, usando a restrição da similaridade semântica, nós chegamos à conclusão de que no segundo caso não estamos diante de uma boa analogia. Afinal, não há similaridade semântica entre pessoas e sistemas políticos ou entre relações de estatura e relações baseadas na distribuição de riquezas entre sujeitos e classes sociais.

Usando a teoria proposta por Gentner (1983) também podemos chegar à conclusão de que no segundo caso de comparação apresentado na figura 05, nós não estamos diante de uma analogia, mas sim de uma anomalia. Afinal, por um lado, parece absurdo estabelecer correspondências entre o atributo estatura de um ser humano e o atributo distribuição de riquezas em sistemas político-econômicos. Ademais, a relação de estatura é estabelecida a partir de uma única medida (dada em metros, por exemplo), o que não acontece com a relação estabelecida entre a distribuição de riquezas. A esse respeito, vale lembrar que o conceito de distribuição de riquezas é bastante complexo e pressupõe a consideração simultânea de um grande número de diferentes parâmetros, tanto materiais, quanto imateriais.

A fim de ilustrar, mais uma vez, o papel desse tipo de restrição no estabelecimento das analogias, nós elaboramos outra comparação. Dizer que “uma molécula é constituída por átomos, assim como uma mão é constituída por dedos” coloca em correspondência relações do tipo parte-todo com significados similares, diferente do que ocorre na comparação que diz “uma molécula é constituída por átomos, assim como uma casa contém móveis”. Nesta última comparação a relação parte-todo existente entre átomos e moléculas é semanticamente distinta da relação de contenção estabelecida entre uma casa e seus móveis.

A centralidade pragmática, que é a terceira restrição da teoria, atua como uma pressão que favorece o estabelecimento de correspondências importantes para quem faz e para quem usa a analogia. Os fatores pragmáticos implicam que a construção da analogia é guiada pelos objetivos de quem a elabora, ou seja, por aquilo que o sujeito pretende alcançar com esse tipo de comparação (MOZZER, 2008).

Para exemplificar essa terceira restrição podemos resgatar duas comparações muito usadas no ensino do modelo atômico de Bohr em ambientes escolares: (1<sup>a</sup>) a que compara o átomo de Bohr com o sistema solar; (2<sup>a</sup>) a que compara o átomo de Bohr com uma escada. A primeira comparação tem o propósito de descrever a disposição espacial das partículas que constituem o átomo, bem como o movimento relativo dos elétrons e do núcleo atômico. No entanto, essa analogia não é efetiva para explicar como o átomo recebe e libera energia do

ambiente a sua volta. A comparação entre o átomo de Bohr e a escada tem essa finalidade, pois destaca a impossibilidade de uma pessoa ficar estacionada entre dois degraus de uma escada, impossibilidade essa que é análoga àquela que impede um elétron de permanecer situado entre dois níveis de energia permitidos no poço de potencial que é criado pela interação entre o núcleo atômico e os elétrons.

De acordo com Holyoak & Thagard (1989), diferentes estudos sobre o raciocínio analógico compartilham a ideia de que o sujeito que constrói a analogia utiliza conhecimentos explícitos ou implícitos sobre o seu propósito, no sentido de direcionar o processo de mapeamento (p. 302). Os autores afirmam que as considerações pragmáticas têm forte influência sobre os dois processos que cercam o mapeamento durante a construção de uma analogia: a seleção do domínio base e da elaboração de inferências sobre o domínio alvo. Assim, as analogias sempre são utilizadas para servir a um propósito específico que, ao fim e ao cabo, orienta a seleção do domínio base (p. 297). Como exemplo, os autores apresentam a seguinte situação: se alguém for solicitado a comparar todos os aspectos econômicos, culturais e sociais na Nicarágua e em Cuba, à princípio, todos os elementos que caracterizam esses aspectos nos dois “domínios” ou países seriam relevantes. Mas, se alguém for solicitado a avaliar a política atual na Nicarágua por analogia àquela encontrada em Cuba, somente um subconjunto de conhecimentos sobre os sistemas políticos dos dois países precisaria ser mapeado.

No contexto do presente trabalho, nos parece ser coerente e adequado promover uma aproximação entre o conceito de centralidade pragmática das analogias e o conceito de intenção retórica que apresentaremos na seção 3.4 deste capítulo.

### **3.3 - UM REFERENCIAL PARA A DIMENSÃO ESTRUTURAL DA ANÁLISE**

Na análise que fizemos das analogias construídas na sala de aula pelo sujeito da nossa pesquisa nós decidimos reunir as contribuições dos autores mencionados nas seções 3.1 e 3.2 deste capítulo. Assim, pudemos realizar uma análise unificada da dimensão estrutural do processo de construção das analogias, ao invés de realizar uma análise, ora orientada pelo referencial de Gentner e colaboradores, ora orientada pelas contribuições de Holyoak & Thagard (1989).

Nós consideramos que a teoria das múltiplas restrições de Holyoak & Thagard (1989) converge com a teoria do mapeamento estrutural de Gentner (1983) e colaboradores, principalmente com relação à restrição do isomorfismo e à consistência estrutural. Segundo essas duas abordagens teóricas, a consistência estrutural da relação é crucial para garantir a plausibilidade da analogia. No entanto, Holyoak & Thagard acrescentam duas novas condições para o sucesso da relação analógica, ou seja, para um mapeamento adequado das correspondências entre os domínios da comparação: as restrições pragmáticas e semânticas. O quadro 12 apresenta um paralelo entre as múltiplas restrições de Holyoak & Thagard (1989) e os três princípios que caracterizam as analogias, distinguindo-as de outros tipos de comparações

(similaridades literais e mera aparência), também chamadas de restrições psicológicas por Gentner & Markman (1997).

O paralelo que o quadro 12 estabelece entre os aspectos centrais dos trabalhos de Holyoak & Thagard (1989) e Gentner & Markman (1997) nos permite perceber a complementaridade das contribuições desses autores na composição da base teórica da pesquisa que empreendemos. Nós nos apropriamos das orientações para o mapeamento de correspondências propostas por Gentner e seus colaboradores, tanto quanto dos critérios concebidos por Holyoak & Thagard (idem) para avaliar a efetividade de uma analogia. A partir desse processo de apropriação, nós reconcebemos o conceito de similaridade literal proposto por Gentner e passamos a identificar comparações por similaridade literal como um tipo de analogia que tem alta similaridade semântica, tanto entre os elementos, quanto entre as relações pertencentes aos dois domínios.

**Quadro 12** – Paralelo entre os três tipos de restrições descritas por Holyoak & Thagard (1989) e os três princípios que caracterizam as analogias de Gentner & Markman (1997).

<b>Restrições de Holyoak &amp; Thagard</b>	<b>Restrições de Gentner &amp; Markman</b>
<p><b><i>Isomorfismo</i></b></p> <p>Favorece mapeamentos que satisfazem o critério da consistência estrutural; requer que se uma proposição no alvo corresponde a outra na fonte, os seus argumentos também devem ser correspondentes; requer também que cada elemento do alvo corresponda a somente um elemento da fonte, e que dois elementos do alvo não devem corresponder a um mesmo elemento da fonte.</p>	<p><b><i>Consistência Estrutural</i></b></p> <p>Enuncia a necessidade de haver uma correspondência um-a-um e a necessidade de haver uma conectividade em paralelo entre os elementos que compõem os domínios da analogia; requer que as relações correspondentes possuam argumentos correspondentes, e a correspondência um a um limita qualquer elemento em um domínio a no máximo um elemento correspondente no outro domínio.</p>
<p><b><i>Similaridade semântica</i></b></p> <p>Favorece correspondências entre elementos que têm significados semelhantes; as semelhanças entre os objetos em correspondência devem estar condicionadas às semelhanças das relações em correspondência.</p>	
	<p><b><i>Sistematicidade</i></b></p> <p>Diz que as correspondências entre relações capazes de conectar outras relações estruturais nos domínios da comparação são mais interessantes e significativas para a analogia do que predicados isolados no seu mapeamento.</p>
<p><b><i>Centralidade pragmática</i></b></p> <p>Favorece correspondências pragmaticamente importantes para quem faz a analogia; o propósito da analogia influencia a seleção de uma fonte relevante e de aspectos específicos dessa fonte no contexto da analogia.</p>	
	<p><b><i>Foco relacional</i></b></p> <p>O foco de uma analogia deve estar nas relações e não nos atributos dos elementos que constituem cada domínio comparado.</p>

**Fonte:** Elaborado pelo autor.



O mesmo processo de apropriação nos levou a considerar como relativamente coerentes o conceito de centralidade pragmática de Holyoak & Thagard (1989) e o conceito de intenção retórica, que será apresentado na seção 3.4, a seguir. A centralidade pragmática é uma das “pressões” que orienta a produção de “analogias efetivas”. Veremos, na próxima seção, que a Teoria Multimodal da Semiótica Social nos permite conceber as “analogias efetivas” como sendo “analogias retoricamente bem-sucedidas”.

### **3.4 - TEORIA MULTIMODAL DA SEMIÓTICA SOCIAL**

Para analisar o uso de analogias em uma sala de aula de Química e a participação, nesse processo, de múltiplos modos de comunicação, nós utilizamos a Teoria Multimodal da Semiótica Social cujos fundamentos são apresentados, por exemplo, em Hodge & Kress (1988). De acordo com Lemke (1990), essa teoria pode ser definida como uma síntese de várias abordagens que levam em consideração o papel de contextos sócio-históricos específicos para entender como significados podem ser construídos e compartilhados, por meio da ação social, a partir de diferentes recursos semióticos disponíveis (verbais, visuais, gestuais e acionais).

O trabalho de Kress *et al* (2001) contempla uma boa diversidade de modos de comunicação envolvidos nos processos de construção de significados em diversos episódios de sala de aula investigados pelos autores. A partir da análise desses episódios, os autores argumentam que a linguagem é apenas um modo de comunicação e que diversos outros modos participam, tanto da construção do conhecimento científico, quanto de sua reconstrução em sala de aula. Esses autores afirmam que a linguagem não está ausente de suas preocupações ou discussões, mas também não constitui sua preocupação exclusiva.

Entre os diversos modos semióticos que integram os processos de construção e compartilhamento de significados entre professores e estudantes no plano social de uma sala de aula, destacamos, em nossa pesquisa, os seguintes tipos de modos: (i) verbais: oral e escrito; (ii) visuais: projeção de imagens, interação com gráficos e tabelas, uso de recursos de realce em inscrições, layout da lousa; (iii) gestuais: formas de se movimentar partes do corpo, normalmente mãos e braços; e (iv) acionais: movimentação da cabeça, manipulação de objetos, mudanças de postura corporal, direcionamento do olhar, proxêmica.

A proxêmica refere-se tanto à distância física estabelecida espontaneamente entre as pessoas e os objetos que usam no convívio social, quanto à variação dessa distância que pode ou não ser intencional, mas que certamente tem grande potencial comunicativo. A proxêmica está relacionada à maneira como um indivíduo se organiza, ocupa e utiliza o espaço no qual está envolvido (MORTIMER *et al*, 2014).

Nos trabalhos de autoria ou coautoria de Gunther Kress, uma série recorrente de quatro conceitos-chave é usada para caracterizar um modo de comunicação: meio, materialidade,

especialização funcional e intenção retórica. Resumidamente, podemos compreender o meio como a substância material moldada pela cultura ao longo do tempo em formas socialmente específicas de representação que são organizadas e regulares (KRESS *et al*, 2001, p. 15).

Na condição de substância material moldada pela cultura, o meio pressupõe uma materialidade, mas é também um produto cultural. Utilizando dois exemplos dados por Fonseca (2014), nós podemos dizer que o meio *som*, constituído materialmente por ondas mecânicas, tem sido culturalmente moldado para possibilitar a existência dos modos verbais-orais, em inúmeras línguas, mas também para configurar a *música* como modo de comunicação, em seus diferentes gêneros. Assim, também, o meio *luz*, que do ponto de vista material é constituído por fótons ou por ondas eletromagnéticas, foi culturalmente moldado no modo de comunicação *fotografia*, mas também nos modos de comunicação *pintura em tela*, *cinema*, etc.

De acordo com a Semiótica Social, a escolha que um sujeito enunciador (p.ex. um professor) faz dos signos e dos modos de comunicação em uma interação com outros sujeitos enunciatários (p. ex., os alunos de um professor) é orientada por uma ou mais de uma intenção retórica. Em outras palavras, essa escolha nunca é arbitrária, mas motivada pelos efeitos de sentido que o enunciador pretende produzir em seus enunciatários. No contexto de nossa pesquisa, a intenção retórica atribuída ao professor enunciador durante um episódio de ensino mediado por uma analogia está vinculada aos aspectos pragmáticos da analogia, tal como concebidos por Holyoak & Thagard (1989).

#### **3.4.1 - MODOS DE COMUNICAÇÃO NA TEORIA MULTIMODAL DA SEMIÓTICA SOCIAL**

O termo modo se refere ao uso sócio-histórico que uma determinada comunidade de sujeitos faz de um sistema de recursos semióticos que foi cultural, social e historicamente construído. O modo deve permitir a construção e o compartilhamento de significados ligados aos objetos e eventos evocados discursivamente, mas também serve para estabelecer, manter ou modificar as relações sociais entre enunciadores e enunciatários no contexto do discurso. Fala, escrita, música, gestos, fotografias, cinema ou trilhas sonoras são exemplos de modos de comunicação (KRESS, 2009, p. 54).

A história cultural da construção de um dado modo de comunicação, bem como a materialidade dos sistemas semióticos que o constituem contribuem para que cada modo apresente uma especialização funcional. Assim, alguns modos se mostram mais apropriados que outros, em certos contextos comunicativos, para expressar ou compartilhar certo conjunto de significados, a depender da intenção ou motivação daqueles que os utilizam. O modo verbal oral, por exemplo, possui como meio material as variações na pressão do ar, que são percebidas pelo aparelho auditivo e interpretadas pelo cérebro do enunciatário, poucos instantes após terem sido geradas pelo aparelho fonador do enunciador. Esse aspecto material do modo verbal oral dá

ao mesmo uma efemeridade no tempo, que é diferente da constância temporal associada ao aspecto material do modo verbal escrito. Por essa diferença, resgatando Fonseca (2014), poderíamos dizer que, para quem não quer se comprometer, no futuro, com algo que pretende dizer, é melhor falar do que escrever. Essa afirmação, é claro, não é independente do contexto sócio-histórico no qual a palavra é utilizada. Há comunidades e circunstâncias nas quais o que é dito, oralmente, tem tanta permanência, quanto o que está escrito.

### **3.4.2 - FUNÇÕES DOS MODOS E SIGNIFICADOS IDEACIONAL, INTERPESSOAL E TEXTUAL**

Kress & van Leeuwen (1996) expandem o uso do conceito de metafunções da linguagem, proposto por Halliday (1978), para os modos de comunicação visuais e, assim, introduzem os critérios usados por Kress *et al* (2001), Kress (2009) ou por Cappelle & Paula (2013) para identificar um conjunto de recursos semióticos como um modo de comunicação. Segundo Halliday, independentemente das inúmeras funções sociais específicas desempenhadas pela linguagem nas interações sociais, existem três metafunções gerais sempre contempladas: *ideacional, interpessoal e textual*.

A metafunção ideacional está relacionada ao tema da comunicação. Por meio dessa metafunção o comunicador representa objetos, eventos, processos, qualidades, atributos, conceitos, sensações, sentimentos. O exercício dessa metafunção corresponde, por essa razão, ao uso de pelo menos um sistema de representação cuja existência está na origem de todo e qualquer modo. No contexto da interação, a metafunção ideacional de um modo de comunicação permite a um enunciador dar sentido e compartilhar com seus enunciatários significados para objetos, eventos, processos, qualidades, atributos, conceitos, sensações e sentimentos evocados discursivamente que são, por essa razão, denominados os *significados ideacionais* de um ato comunicativo.

A metafunção interpessoal está relacionada às relações sociais entre os sujeitos em interação no ato comunicativo. Por meio dessa metafunção, um enunciador estabelece, reitera ou busca modificar as relações sociais entre ele e o(s) sujeito(s) com o(s) qual(is) interage. Como diferentes relações sociais podem ser estabelecidas, reiteradas ou modificadas, podemos identificar um ou mais de um *significado interpessoal* em uma enunciação, discurso ou ato comunicativo concreto.

A metafunção textual está relacionada à necessidade de coerência interna entre as ideias e informações comunicadas, bem como de coerência das mesmas com o contexto no qual a interação acontece. Por meio dessa metafunção, um enunciador estabelece relações entre as ideias e informações comunicadas, com o intuito de produzir estruturas internamente coerentes e contextualmente adequadas. Como muitas relações distintas podem ser estabelecidas entre um mesmo conjunto de ideias e informações, as escolhas realizadas pelo enunciador são em si

mesmas significativas e nos permitem identificar um, ou mais de um *significado textual* em uma enunciação, discurso ou ato comunicativo realizado em um determinado contexto sócio-histórico.

### **3.5 - DESCRIÇÃO FUNCIONAL DOS GESTOS NA COMUNICAÇÃO HUMANA**

Gestos e linguagem verbal são os modos de comunicação mais investigados nos estudos dos processos de comunicação nas salas de aula (GOLDIN-MEADOW, 2004). Muitos autores têm destacado a participação significativa dos gestos nas interações comunicativas no ensino e aprendizagem em Ciências (ROTH, 2000; CROWDER, 1996; ROTH & LAWLESS, 2002; POZZER-ARDENGI & ROTH, 2007; PADALKAR & RAMADAS, 2011; PEREIRA *et al*, 2015).

Investigações a respeito dos gestos são comuns na Psicologia (p.ex. MCNEILL, 1992, 2005; GOLDIN-MEADOW, 2000) e Antropologia (p. ex. GOODWIN, 1995; KENDON, 1997). Estudos dos gestos como modos de comunicação orquestrados com outros modos nas interações entre estudantes e professores em salas de aula são um campo de pesquisa relativamente novo. Os autores mais usados para os estudos dos gestos nas pesquisas na Educação em Ciências são David McNeill e Adam Kendon.

Kendon (1985) define os gestos como formas silenciosas de mover partes do corpo no espaço-tempo. Por causa dessa característica dos gestos, a percepção fisiológica deles não compete com a percepção da fala. Na perspectiva da Semiótica Social, isto significa dizer que os meios usados pelos modos verbais e pelos gestuais são diferentes e não competem um com o outro quando usados simultaneamente em um ato de comunicação.

#### ***Funções gestuais e frases gestuais***

Kendon (2004, p. 107) argumenta que não é possível estabelecer um sistema universal de classificação dos gestos que seja igualmente útil para todas as investigações. Ele também diz que qualquer categoria utilizada para classificar gestos é um recurso temporário utilizado localmente e dependente dos propósitos do pesquisador.

Por meio de uma extensa e detalhada exemplificação das funções dos gestos nas interações sociais, Kendon (2004) nos fornece um sistema para compreender as funções atribuídas aos gestos. De acordo com esse autor, devemos considerar as categorias que ele propõe como relacionadas às funções dos gestos e não como um sistema para classificá-los diretamente.

A primeira distinção importante feita por Kendon (2004) entre as funções de gestos nas interações humanas separa as funções pragmáticas e as referenciais. A noção de pragmática usada nessa distinção é similar ao que nós encontramos na divisão clássica dos três campos da linguística: sintaxe, semântica e pragmática.

De acordo com essa divisão da linguística, a sintaxe diz respeito à relação dos signos com outros signos na composição de sentenças ou frases. A semântica diz respeito às relações dos signos com a realidade que eles representam. Finalmente, a pragmática lida com as relações dos signos com os efeitos de sentido que um determinado enunciado produz em certos sujeitos e em um contexto específico.

Kendon (2004) relaciona as funções pragmáticas dos gestos com a capacidade desse modo de expressão em especificar o sentido que o enunciador dá aos signos que ele usa em sua enunciação. A primeira função pragmática destacada por Kendon é conhecida na linguística como função modal. Gestos modalizadores, que Kendon chama de *operators*, indicam, por exemplo, o grau de certeza do enunciador acerca daquilo que ele está dizendo ou seu grau de concordância com o aquilo que diz.

De acordo com Castilho & Castilho (1992), a modalização é uma ação através da qual o enunciador indica intenções, sentimentos e atitudes em relação ao conteúdo do enunciado. A modalização é importante na análise de enunciados porque para entender um discurso precisamos ter em conta o posicionamento do enunciador sobre aquilo que ele está dizendo.

Uma segunda manifestação da função pragmática é a função performativa, por meio da qual os gestos indicam um pedido, um apelo, uma oferta, um convite, uma recusa, e assim por diante.

A última das três funções pragmáticas indicadas por Kendon é a função de partição (ou de marcação) da estrutura do discurso em que os gestos permitem que um enunciador mostre para o destinatário do enunciado diferentes componentes lógicos do discurso. Apesar de sua inclusão por Kendon (2004) entre as funções pragmáticas, a função de partição tem alguma relação com o que a linguística chama de sintaxe. Afinal, a sintaxe trata das relações dos signos com outros signos na composição de sentenças ou frases.

A fim de exemplificar essas três funções pragmáticas indicadas por Kendon (*idem*), considere um episódio de ensino no qual um professor projeta no quadro um gráfico sobre variações de entalpia ocorridas durante uma reação química. Se, ao se dirigir à projeção, com o antebraço supinado e a palma da mão voltada para cima, o professor executar um movimento dessa mão em direção ao seu rosto, sinalizando um convite aos seus alunos para que direcionem o olhar e a atenção à projeção do referente gráfico no quadro, podemos entender que esse professor está realizando um gesto com uma função pragmática performativa. Imagine agora que esse professor, a fim de evidenciar três importantes pontos na curva (a entalpia dos reagentes, a do complexo ativado e a entalpia dos produtos), volta-se para seus alunos, ergue uma mão fechada e, na medida em que menciona cada um desses pontos, primeiro abre e ergue o dedo indicador ao falar da entalpia dos reagentes, em seguida abre e ergue o dedo médio ao se

referir à entalpia do complexo ativado e, por último, abre e ergue o dedo anelar, mantendo-o assim junto com os dois primeiros, para falar da entalpia dos produtos. Podemos dizer que nesse segundo caso, com esses três movimentos o professor pontuou sua fala mostrando seus diferentes componentes lógicos. De acordo com Kendon, esse gesto apresenta uma função pragmática de partição.

Os gestos que McNeill (1992) classifica como *beats* também tem a função de partição da estrutura do discurso. Estes gestos marcam a prosódia do enunciado e são um recurso para reiterar, visualmente, o ritmo, a entonação, o tom e a intensidade de palavras ou frases que compõem um discurso.

Um gesto pragmático de modalização também poder ser executado por um professor em diversas situações. Imagine que um professor, ao interagir com aquele gráfico sobre variação de entalpia projetado no quadro, utiliza uma mão aberta com a palma voltada para cima, próxima ao patamar correspondente à entalpia do complexo ativado, para repetidamente executar um movimento horizontal de batida no quadro enquanto fala sobre essa parte do gráfico. Podemos dizer que com esse gesto o professor está destacando a importância do que está sendo dito e indicando a relevância desse patamar para a interpretação do que está representado no gráfico.

Para recapitular, o primeiro grupo de funções dos gestos nas interações humanas é composto das funções pragmáticas que são a modalização, a função performativa e a função de partição da estrutura do discurso. O segundo grupo de funções que apresentaremos nos parágrafos a seguir consiste nas funções referenciais. Todas as funções incluídas neste segundo grupo podem ser compreendidas a partir da perspectiva de um dos campos clássicos da linguística: a semântica.

A primeira função referencial indicada por Kendon é a função dêitica. Gestos com esta função servem para a localização de objetos e eventos no espaço e no tempo. Além da função dêitica, o grupo de funções referenciais inclui três formas de representação de objetos e eventos: a descrição de ações, a criação de ícones (modelagem), e a descrição figurativa.

Para cumprir o primeiro tipo de função referencial representacional, um gesto deve reproduzir um padrão de movimentos que é típico de uma ação ou processo. Pereira *et al* (2015), ao analisar o uso de gestos recorrentes em conjunto com outros modos semióticos durante o compartilhamento de significados em aulas de Química Orgânica, nos apresenta quatro exemplos de gestos referenciais: dois gestos dêíticos, um gesto de ação e outro que simultaneamente cumpria essas duas funções. Dois gestos dêíticos analisados pelos autores foram executados para indicar uma ligação química e o giro horário e anti-horário de grupos ligantes em torno de um centro estereogênico. No primeiro, a professora utiliza o braço e a mão pronados, com dois dedos estendidos e distantes um do outro, para apontar ligações químicas e

átomos ligantes. No segundo, a professora segura um modelo molecular tridimensional com uma das mãos e gira a outra mão para indicar o sentido de giro dos grupos ligantes em relação ao centro estereogênico.

No gesto referencial representacional de ação analisado por Pereira *et al* (idem), a professora usou uma das mãos para fazer um movimento de convergência dos cinco dedos, fechando-os em forma de cacho, a fim de representar a aproximação de elétrons decorrente da atração por centros eletrofílicos. O quarto gesto analisado por ela foi executado pela professora para indicar e representar o movimento de elétrons em reações químicas projetadas no quadro da sala de aula. Nesse último gesto a professora produz um movimento curvo semelhantes à seta usada para representar o movimento de elétrons nas reações químicas. Esse gesto cumpriu a função referencial representacional de ação tanto quanto a função dêitica.

No caso da função referencial de modelagem, o gesticulador utiliza uma parte do seu corpo para formar algo semelhante ao objeto que o gesto substitui. Para exemplificar essa função, imagine que um professor tenha desenhado no quadro uma curva gaussiana. A fim de evidenciar a forma característica dessa curva, o professor configura os dedos de uma das mãos para formar uma curva com a concavidade voltada para baixo e aproxima essa mão do gráfico inscrito no quadro.

Para um gesto cumprir a função referencial de descrição figurativa, o gesticulador deve usar seu corpo para fazer movimentos que esculpem ou delineiam a forma de um objeto no ar. Assim, retomando o episódio de ensino que envolve o gráfico sobre variações de entalpia durante uma reação química, imagine um professor com uma mão fechada e o dedo indicador em riste que desloca seu braço horizontalmente, da esquerda para a direita, ao mesmo tempo em que ora eleva e ora abaixa o dedo durante o deslocamento. Esse movimento reproduz a variação de entalpia ocorrida na formação do complexo ativado e na formação dos produtos que está representada no quadro. Nessa situação, podemos dizer que esse professor executa um gesto com função referencial representacional de descrição figurativa.

Kendon (2004, p. 112) concebeu um sistema de categorias para identificar as várias funções que um gesto pode cumprir em um enunciado, mas também criou um padrão de transcrição de interações sociais mediadas por gestos e palavras. Esse autor distingue quatro fases dos movimentos que nos permitem realizar um gesto. O golpe (*stroke*) é a fase mais importante. É o golpe que nos permite identificar a(s) função(ões) que o gesto desempenha em uma determinada interação social. A fase do movimento que conduz ao golpe é chamada de preparação. Nesta fase, a parte do corpo usada na execução do gesto deixa a sua posição de conforto em direção à posição que ocupará no golpe. O golpe pode, por vezes, ser seguido por uma fase em que a parte do corpo utilizada na execução do gesto é mantida na posição em que chegou ao fim do golpe. Esta fase é a sustentação do golpe (*post-stroke hold*). A última fase de um

gesto é a recuperação (*recovery*) e nela a parte do corpo utilizada na execução do golpe retorna à posição de conforto.

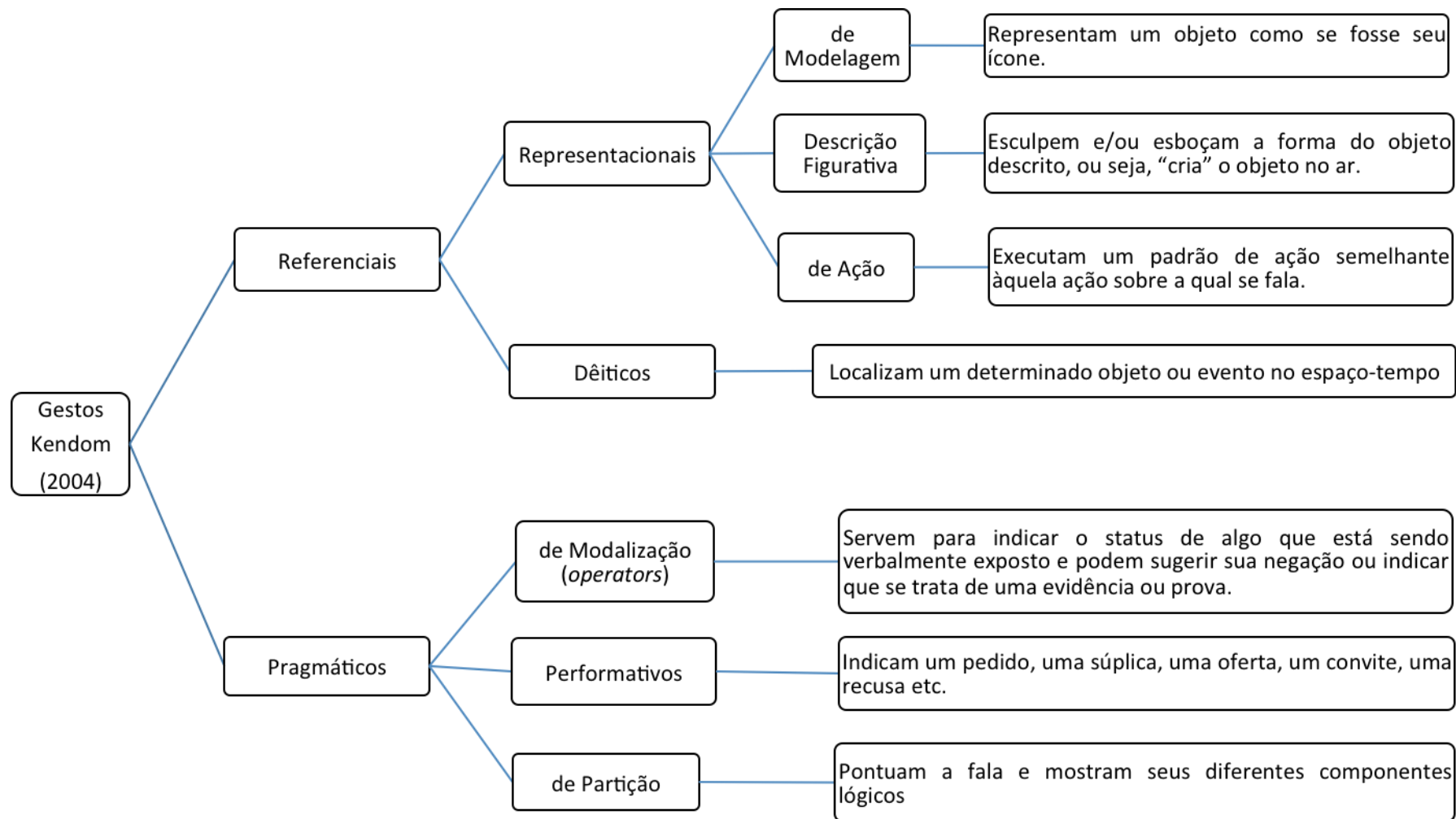
Kendon (2004, p. 111) chama de unidade gestual (*gesture unit*) a série de movimentos realizados entre a preparação do golpe e o retorno da parte do corpo utilizada na execução dos gestos para a posição de conforto (a recuperação). Com vários exemplos, ele nos mostra que muitos golpes, com ou sem sustentação, podem ocorrer no intervalo de tempo de uma unidade gestual. Como o golpe é a fase expressiva de um gesto, e como cada golpe ocorre, necessariamente, após um movimento de preparação, Kendon criou o conceito de frase gestual (*gesture phrase*). Uma frase gestual é formada apenas pela preparação e pelo golpe. Uma unidade gestual, por sua vez, pode conter uma ou mais frases gestuais.

Na análise que faremos de gestos feitos pelo professor na sala de aula que investigamos, vamos mostrar algumas situações em que ele mantém ou sustenta as fases mais significativas dos gestos por um longo tempo. Em outras situações, o golpe gestual ocorre em um curto período de tempo e dá origem, rapidamente, a preparação de um novo golpe sem que o professor retorne seu corpo para a posição de conforto. O padrão de transcrição das interações mediadas por gestos adaptado para os propósitos de nossa análise será apresentado na subseção 4.3.4 do capítulo da metodologia.

A fim de reunir os principais conceitos de Kendon, nosso grupo de pesquisa elaborou um diagrama (figura 06) que coloca de um lado as funções pragmáticas dos gestos e de outro as referenciais.



Figura 6– Diagrama das funções dos gestos segundo a teoria de Kendon (2004).



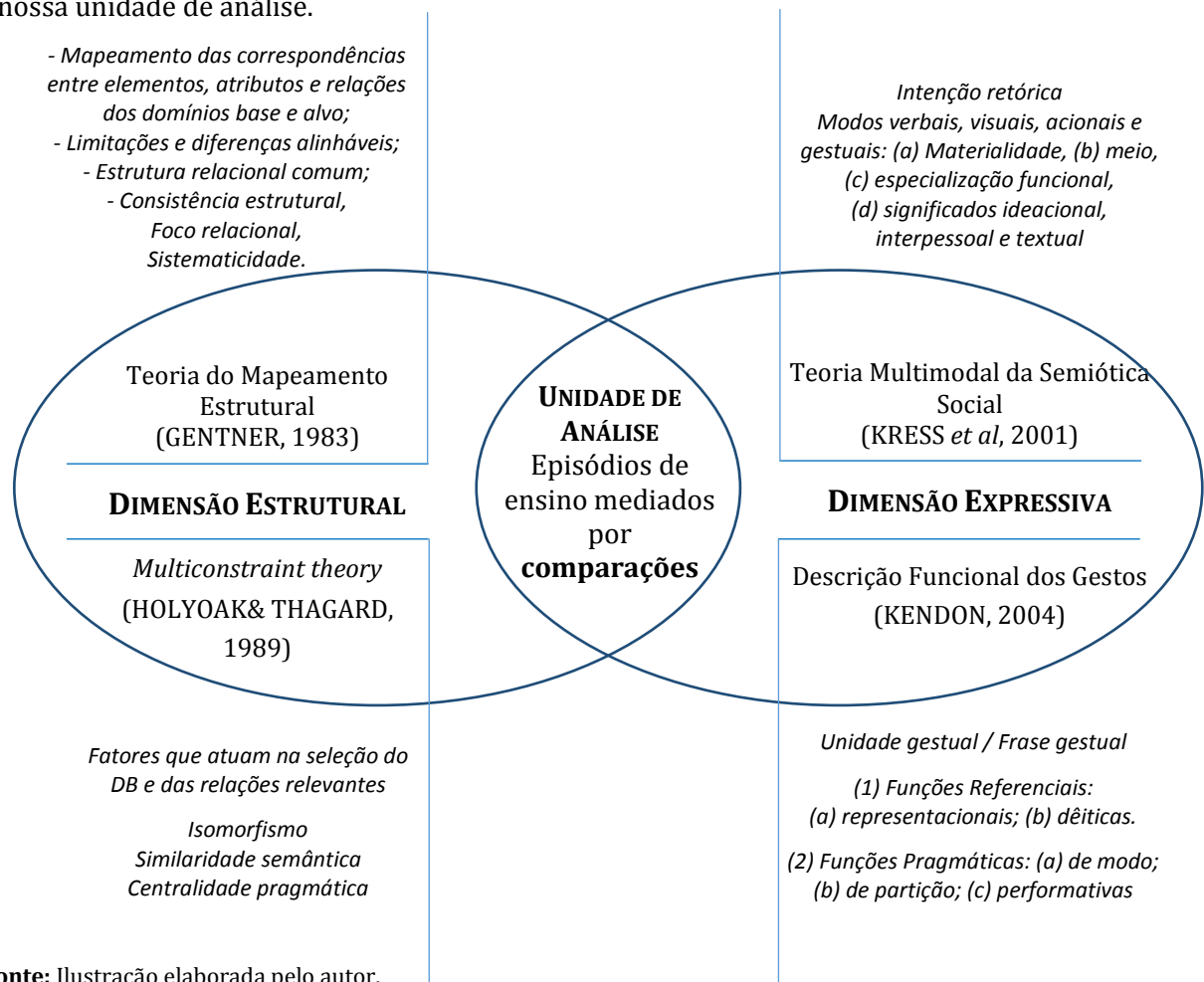
Fonte: Diagrama elaborado pelo nosso grupo de pesquisa (Mediação Pedagógica no Ensino de Ciências).

### 3.6 - A UNIDADE DE ANÁLISE

A fim de compreender os processos de comunicação e compartilhamento de significados durante a construção de analogias na sala de aula, nós construímos uma unidade de análise que reúne conceitos centrais dos quatro referenciais teóricos apresentados nas seções anteriores deste capítulo. A partir das aulas observadas e registradas, segmentamos episódios de ensino nos quais o sujeito de nossa pesquisa estabeleceu comparações. Os episódios de ensino mediados por comparações constituem nossa unidade de análise.

A nossa unidade de análise está constituída por duas dimensões: (1ª) uma estrutural, que diz respeito à identificação da estrutura relacional das comparações estabelecidas e suas restrições; e (2ª) uma expressiva, voltada para a análise da orquestração dos diferentes modos de comunicação utilizados pelo professor durante o estabelecimento dessas comparações. A figura 07 apresenta os conceitos estruturantes dessa unidade de análise.

**Figura 7** – Referenciais teóricos e conceitos estruturantes a partir dos quais nós a construímos nossa unidade de análise.



**Fonte:** Ilustração elaborada pelo autor.

## **CAPÍTULO 4 – METODOLOGIA E CONTEXTO DA PESQUISA**

---

Neste capítulo apresentamos a metodologia desenvolvida para o trabalho empírico incluindo referências sobre o contexto da pesquisa, os critérios para a escolha do professor como sujeito da investigação, os instrumentos e as estratégias para a produção dos registros, os padrões adotados na transcrição dos vários modos de comunicação orquestrados pelo professor, o padrão de mapeamento das correspondências identificadas entre os domínios das comparações e, por último, as etapas e os procedimentos de análise dos episódios selecionados. Uma síntese da metodologia adotada está esquematizada e apresentada no final deste capítulo (figura 10).

### **4.1 - CONTEXTO E PARTICIPANTES**

O sujeito da nossa pesquisa tinha, à época, 35 anos de experiência profissional no ensino de Química, tendo trabalhado como professor no Ensino Médio e no Ensino Superior. Ele também desempenhava atividades de coordenação pedagógica, era autor de livros didáticos de Química e já havia desenvolvido pesquisas no ensino de Ciências, na condição de doutor formado por um programa de pós-graduação de uma universidade federal brasileira. Além da facilidade de acesso ao professor e à instituição de ensino na qual ele trabalhava, nossa escolha por esse sujeito levou em consideração uma rica entrevista<sup>10</sup> na qual ele abordou o uso de analogias no ensino de Química.

No primeiro semestre letivo de 2014, nós apresentamos a esse professor o desenho e o objetivo da nossa pesquisa. Na semana seguinte entregamos o termo de consentimento livre e esclarecido<sup>11</sup> (TCLE – Apêndice B). Após a leitura do documento ele nos autorizou formalmente a observar e registrar suas aulas por meio de gravações em áudio e vídeo. Considerando a naturalidade e a facilidade com que o professor utilizou analogias durante o período em que fizemos as observações, achamos pouco provável que o uso desse recurso por parte desse sujeito possa ser explicado pelo simples fato dele saber qual era nosso interesse de pesquisa.

Quando surgiu a oportunidade de realizar a pesquisa na sala de aula de um professor com esse currículo, vislumbramos que nossa investigação poderia nos colocar em contato com uma prática potencialmente exemplar, no que diz respeito ao uso de analogias como recursos de ensino. Criamos assim a expectativa de que os resultados da nossa pesquisa poderiam contribuir

---

<sup>10</sup>Entrevista concedida a um canal de comunicação via satélite para uma rede privada de ensino na qual o professor, sujeito da nossa pesquisa, atuava como coordenador pedagógico para o ensino de ciências.

<sup>11</sup>Os termos de consentimentos livres e esclarecidos foram aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais, em Belo Horizonte, de acordo com o Parecer nº 555100/2014 (Anexo A).

para a prática pedagógica de outros professores ou para desnudar aspectos a serem levados em consideração na formação inicial de professores, no que diz respeito ao uso de comparações nas salas de aula de Ciências.

Os registros analisados foram gerados a partir de gravações em áudio e vídeo de aulas ocorridas em uma instituição privada de ensino superior localizada em Belo Horizonte, Minas Gerais, durante os meses de fevereiro a junho de 2014. As aulas faziam parte da disciplina Elementos de Físico-química que compõe a matriz curricular de um curso de Farmácia. A turma que acompanhamos era constituída por 32 alunos adultos que estavam cursando o 2º período. Por meio de consentimentos livres e esclarecidos, o professor e os alunos nos autorizaram a realizar a pesquisa naquele ambiente. A disciplina era ministrada em quatro aulas semanais (50 min/aula) concentradas em um único turno e dia da semana. Não conseguimos acompanhar e registrar todas as aulas ministradas durante o semestre letivo, em função de diversos fatores alheios à nossa vontade. Registramos sete encontros semanais, totalizando 822 minutos de gravação.

#### **4.2 - INSTRUMENTOS E ESTRATÉGIAS PARA A PRODUÇÃO DE REGISTROS**

Seguindo a orientação da pesquisa realizada por Kress *et al* (2001), nós usamos duas câmeras de vídeo. A câmera principal foi posicionada no fundo da sala de aula e foi usada para registrar as ações do professor. A segunda câmera foi posicionada na frente da sala, alinhada com a diagonal da sala e situada ao lado do quadro branco. Essa câmera foi direcionada para os alunos, a fim de capturar suas ações ou reações às ações do professor. Em um caderno de campo, registramos várias observações a respeito das interações entre os estudantes e o professor que não tínhamos certeza de termos capturado nas gravações em vídeo ou que intuímos como sendo potencialmente importantes para nossa pesquisa. Esse caderno também serviu ao registro de comentários e hipóteses sobre as características e funções discursivas das comparações que surgiram durante nossa permanência na sala de aula.

Como já foi apresentado na seção anterior, as aulas que nós acompanhamos e registramos em áudio e vídeo compunham a disciplina que tinha uma carga horária de 80 horas-aula, sendo organizada em 4 horas-aula por semana: 2 horas-aula (100 min) seguidas por um intervalo de 20 minutos e por mais 2 horas-aula (100 min). Portanto, no semestre letivo haveria 20 encontros semanais entre o professor com seus estudantes.

O nosso primeiro contato com o professor para apresentar a proposta de pesquisa, fazer o convite e solicitar sua permissão para que pudéssemos acompanhar e filmar suas aulas ocorreu na segunda semana do semestre letivo, isto é, no segundo encontro semanal. Após a

permissão da instituição e do professor, por meio de sua assinatura no termo de consentimento livre e esclarecido, o nosso primeiro contato com os estudantes ocorreu no dia 19 de fevereiro de 2014, no terceiro encontro semanal. Nesse encontro pudemos apresentar o projeto de pesquisa aos estudantes, os procedimentos que adotaríamos para acompanhar e registrar as aulas, e as implicações da nossa presença naquele ambiente. Nessa ocasião o termo de consentimento livre e esclarecido elaborado para os estudantes foi distribuído e lido em voz alta. Em seguida, todos os estudantes consentiram e assinaram o termo, o que nos permitiu retornar naquele ambiente na semana seguinte.

As gravações em áudio e vídeo foram precedidas por um período exploratório de duas semanas, no qual realizamos observações iniciais, fizemos registros em caderno de campo a respeito do ambiente e testamos as posições e a captação de nossas câmeras. Acreditávamos que, no início, a presença das câmeras de vídeo produziria efeitos inevitáveis ao contexto da sala de aula. Contudo, após a segunda semana de introdução das câmeras em sala de aula para que as mesmas se tornassem progressivamente integradas à paisagem, consideramos que o estranhamento inicial provocado pela presença do pesquisador e dos equipamentos já estava minimizado. Portanto, os nossos registros das aulas apresentados no quinto capítulo desta tese iniciaram, efetivamente, na sexta semana de aula.

A descrição e a transcrição dos vídeos foram realizadas por meio de um software específico para pesquisas qualitativas em educação: o NVivo® *for Windows* (10ª versão). Esse software nos permitiu assistir cuidadosamente cada registro produzido, mediante o uso de botões para avanço ou recuo das cenas em velocidade normal, acima do normal ou em câmera lenta. Também pudemos transcrever falas de alguns trechos de vídeo selecionados com um recurso que permite a sincronização das transcrições com o vídeo.

### **4.3 - PADRÕES DE TRANSCRIÇÃO E DE REPRESENTAÇÃO**

As subseções a seguir apresentam os padrões de representação ou de transcrição adotados nessa pesquisa, bem como os sinais gráficos e ícones que nós criamos para a análise dos registros produzidos em áudio e vídeo.

#### **4.3.1 - PADRÃO DE TRANSCRIÇÃO DOS REGISTROS DE FALA (MODO VERBAL-ORAL)**

A transcrição das falas foi realizada a partir de uma adaptação do padrão adotado por Buty & Mortimer (2008). Assim: a barra / indica pausas breves; parênteses ( ) indicam pausas mais longas cuja duração é dada em segundos; colchetes [ ] indicam a ocorrência de discursos simultâneos; barras duplas // sinalizam a interrupção do discurso de um sujeito por uma enunciação realizada por outro sujeito; parênteses duplos (( )) servem à inserção de

comentários que explicitam a forma como nós interpretamos aquilo que transcrevemos; reticências ... indicam situações em que um sujeito não completou sua enunciação; reticências colocadas entre colchetes [...] indicam trechos de fala não transcritos (trechos inaudíveis ou não analisados na pesquisa); pontos de exclamação (!) e interrogação (?) indicam, respectivamente, mudanças de entonação associadas a afirmações enfáticas e perguntas. Com o negrito nós destacamos enunciados que faziam menção ao DB de uma comparação e com o sublinhado os enunciados associados ao DA.

#### **4.3.2 - PADRÃO DE REPRESENTAÇÃO DO MAPEAMENTO ESTRUTURAL DAS COMPARAÇÕES**

A partir da identificação dos enunciados negritados e dos sublinhados, construímos quadros com o alinhamento dos elementos, atributos e relações presentes em cada domínio e que foram postos em correspondência pelo professor. A partir desse alinhamento verificamos se havia a correspondência um-a-um e uma conectividade em paralelo entre os domínios. Os quadros que apresentam os mapeamentos estruturais das comparações estabelecidas pelo professor foram elaborados com paráfrases ao invés da transcrição literal do que ele disse. A escolha por usar paráfrases nos quadros decorre da nossa intenção de sinalizar, o mais claramente possível, a existência das conectividades em paralelo entre os domínios que compuseram as comparações realizadas pelo professor.

Decidimos usar setas bidirecionais para representar as correspondências entre elementos (objetos, estados ou processos), atributos ou relações que constituem cada domínio. As representações de correspondências estabelecidas entre elementos do DB e elementos do DA são acompanhada pela letra E (maiúscula) e por números. As representações de correspondências entre atributos são acompanhadas pela letra A e números. Atributos e elementos estruturais irrelevantes para a comparação não foram incluídos no mapeamento, exceto quando indicavam alguma limitação da comparação destacada pelo professor.

No mapeamento estrutural, nós identificamos relações estruturais, causais e de proporcionalidade. Relações entre elementos ou atributos são chamadas de relações de primeira ordem. Relações de segunda ordem são aquelas estabelecidas entre duas relações de primeira ordem ou entre uma relação de primeira ordem e um elemento ou atributo. O termo ordem superior foi usado para nomear uma relação que inclui pelo menos uma relação de segunda ordem.

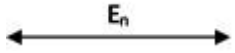
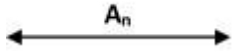
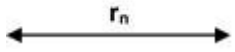
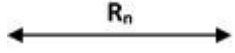

As representações das correspondências entre relações são acompanhadas pela letra r (minúscula) ou R (maiúscula), e por números. A letra minúscula representa uma relação de primeira ordem, enquanto a maiúscula representa uma relação de segunda ordem ou de ordem superior. Na codificação de uma relação são enumerados os atributos ou elementos a ela

associados. Por exemplo, o código  $r_1(E_2, E_1)$  indica uma relação de primeira ordem entre o segundo e o primeiro elemento que foram mapeados tanto no DB, quanto no DA para, então, serem colocados em correspondência. Da mesma forma, o código  $r_2(A_2, A_1)$  indica uma relação de primeira ordem que, todavia, tem como foco dois atributos cuja correspondência foi mapeada nos dois domínios. Já o código  $R_1(r_2, r_1)$  indica uma relação de segunda ordem, ou seja, uma relação entre as relações  $r_2$  e  $r_1$  que foram mapeadas nos dois domínios.

O padrão que criamos para representar a estrutura de uma comparação, embora seja diferente daquele usado por Gentner (1983), atende ao requisito de identificar não somente elementos ou atributos similares em cada domínio, mas também as relações estabelecidas entre eles, bem como as relações de ordem superior postuladas entre relações de primeira ordem. Nosso padrão nos parece mais amigável que o padrão usado por Gentner, no sentido de que é menos dependente de notações tipicamente utilizadas na álgebra e que são menos legíveis aos não iniciados nessa disciplina.

O quadro 13 apresenta os símbolos gráficos usados no nosso padrão de transcrição e as correspondências entre: elementos ( $E_n$ ), atributos ( $A_n$ ), relações de primeira ordem ( $r_n$ ) e relações de maior complexidade ( $R_n$ ). Qualquer correspondência utilizada para indicar uma limitação da comparação, uma diferença alinhável, foi identificada pela presença da letra **X** no meio de uma seta bidirecional.

**Quadro 13** – Símbolos usados na representação das correspondências.

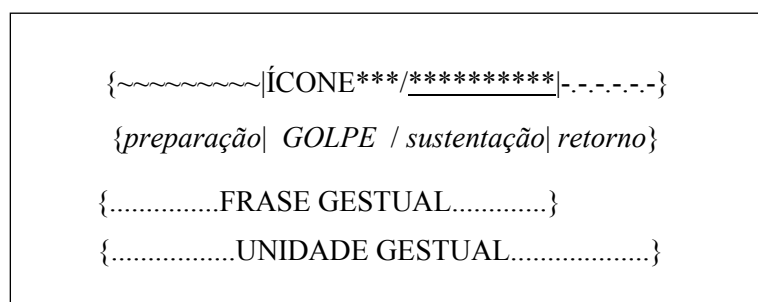
DOMÍNIO BASE	CORRESPONDÊNCIAS	DOMÍNIO ALVO
<b>Elemento análogo</b>		<b>Elemento alvo</b>
Um dos elementos que compõem o DB	<i>Correspondências entre elementos (<b>E</b>)</i>	Um dos elementos que compõem o DA
<b>Atributo do elemento análogo</b>		<b>Atributo do elemento alvo</b>
Predicados de um elemento do DB baseados em uma única característica	<i>Correspondências entre atributos (<b>A</b>)</i>	Predicados de um elemento do DA baseados em uma única característica
<b>Relações de 1ª ordem</b>		<b>Relações de 1ª ordem</b>
Relações entre dois ou mais elementos do DB ou entre suas características ou atributos	<i>Correspondências entre relações de menor complexidade (<b>r</b>)</i>	Relações entre dois ou mais elementos do DA ou entre suas características ou atributos
<b>Relações de segunda ordem ou de ordem superior</b>		<b>Relações de segunda ordem ou de ordem superior</b>
Relações estabelecidas entre relações previamente postuladas entre elementos do DB	<i>Correspondências entre relações de maior complexidade (<b>R</b>)</i>	Relações estabelecidas entre relações previamente postuladas entre elementos do DA
<b>Atributo ou relação do DB</b>		<b>Atributo ou relação do DA</b>
Característica ou relação presente no DB que não se aplica ou que não pode ser transferida para o alvo	<i>Limitação da comparação; diferença alinhável</i>	Característica ou relação presente no DA que é diferente da base

Fonte: Quadro produzido pelo autor.

### 4.3.3 - PADRÃO DE TRANSCRIÇÃO DOS GESTOS EXECUTADOS PELO PROFESSOR

Como dissemos, para Kendon (2004), há quatro fases nos movimentos do corpo que compõem um gesto: a preparação do golpe, o golpe propriamente dito, uma eventual sustentação do golpe e o retorno do corpo à posição de conforto. Uma unidade gestual pode ser constituída por um único gesto que expõe cada uma dessas fases em sequência, mas também pode conter mais de uma frase gestual, lembrando que, uma frase gestual é constituída apenas pelo golpe (com ou sem sustentação) antecedido por sua preparação. A figura 8 a seguir apresenta os sinais gráficos que nós utilizamos para representar cada uma das quatro fases acima mencionadas.

**Figura 8** – Padrão de representação de uma unidade gestual.



**Fonte:** Diagrama elaborado pelo grupo de pesquisa MPEC e baseado em Kendon (2004).

De acordo com a figura 8, representamos a preparação de um gesto por uma sequência de sinais conhecidos como *til* (~~~~); o golpe é representado por um dos ícones apresentados no quadro 14 a seguir e pode ser acompanhado por asteriscos (\*\*\*\*) destinados a sincronizar a realização espaço-temporal do golpe com a produção temporal da fala. Nas ocasiões onde há a sustentação do golpe, essa fase do gesto é representada por uma barra seguida de asteriscos sublinhados (\*\*\*\*\*). O retorno à posição de conforto é representado por traços intercalados por pontos (-. -. -. -.).

### 4.3.4 - ÍCONES CRIADOS PARA REPRESENTAR AS FUNÇÕES DOS GESTOS

O quadro 14 a seguir apresenta os ícones que nós criamos para representar as funções dos gestos executados pelo sujeito da nossa pesquisa durante suas aulas. Esses ícones foram utilizados na representação de golpes constituintes das unidades gestuais indicadas nas transcrições multimodais.



**Quadro 14**– Ícones usados para representar as funções dos gestos.

FUNÇÕES DOS GESTOS		ÍCONES
Referenciais	Gestos dêiticos	
	Gestos Representacionais de Modelagem	
	Gestos Representacionais de Descrição Figurativa	
	Gestos Representacionais que descrevem Ações	
Pragmáticos	Gestos Pragmáticos de Modalização	
	Gestos Pragmáticos Performativos	
	Gestos Pragmáticos de Partição	

Fonte:Elaborado pelo nosso grupo de pesquisa – MPEC.

#### 4.3.5 - ÍCONES CRIADOS PARA REPRESENTAR OS MODOS DE COMUNICAÇÃO ACIONAIS

O quadro 15 apresenta os ícones criados para representar os modos acionais de comunicação durante as transcrições multimodais.

**Quadro 15**– Ícones usados para representar os modos acionais de comunicação.











MODOS ACIONAIS	ÍCONES
Inscrição na lousa	
Interação com imagens	
Movimentos de cabeça	
Mudança de postura corporal	
Direcionamento do olhar	
Proxêmica	
Manipulação de Objetos	

Fonte:Elaborado pelo nosso grupo de pesquisa – MPEC.

#### 4.3.6 - PADRÃO DE TRANSCRIÇÃO MULTIMODAL COM GESTOS E SEM GESTOS

Os modos de comunicação orquestrados pelo professor foram transcritos de acordo com um padrão de transcrição semelhante ao adotado na representação das unidades gestuais. O quadro 16 a seguir apresenta exemplos das transcrições multimodais que realizamos.

**Quadro 16**– Exemplos de transcrições multimodais.

DESCRIÇÃO	TRANSCRIÇÃO
O professor desenha ou escreve na lousa enquanto fala com os estudantes.	{ .....  ..... }
O professor interage com uma imagem projetada na lousa e direciona o olhar para algum objeto.	{ .....  ..... }
O professor muda de postura corporal e inicia uma proxêmica diante dos estudantes.	{     ..... }
O professor caminha em direção à lousa e executa um gesto dêitico.	{    ~~~~~    **/**** -.-.-. }
O professor muda de postura corporal e executa um gesto pragmático de partição.	{    ~~~~~    *****/** -.-. }
O professor manipula um objeto e executa um gesto referencial de modelagem.	{ .....  .....   ~~~~~    ***/** -.-. }

Fonte:Elaborado pelo autor.

As transcrições multimodais foram elaboradas em quadros que apresentavam pares de linhas numeradas e alternadas: na primeira apresentamos a transcrição do modo verbal oral (as falas do professor) e na segunda a transcrição dos outros modos que foram executados pelo professor em orquestração com a fala.

Na elaboração das transcrições multimodais, cada ícone possui um código composto por um número correspondente a numeração da linha e por uma letra. Os códigos criados para os ícones nos permitiram identificá-los mais facilmente durante a análise das transcrições a discussão dos resultados da pesquisa.

#### 4.4 - ETAPAS E PROCEDIMENTOS PARA ANÁLISE DOS REGISTROS

Os registros produzidos por meio das gravações em áudio e vídeo foram transferidos para o software NVivo®. Primeiramente, por meio deste programa, cuidadosamente assistimos as aulas tendo como referência as anotações feitas em nosso caderno de campo. Neste caderno havia indicações dos instantes nos quais o professor, sujeito da nossa pesquisa, estabeleceu comparações, utilizando-as como recursos de mediação pedagógica. Durante essa etapa, identificamos os domínios base e alvo envolvidos em cada comparação. Na subseção 5.1.2 apresentamos a relação de todas as comparações registradas durante os sete encontros semanais que nós pudemos observar, com a identificação dos domínios de cada uma e do tema da aula.

A partir desse tratamento preliminar, selecionamos para análise posterior apenas um dos encontros registrados, considerando quatro critérios. O encontro deveria: (a) apresentar uma quantidade relativamente significativa de comparações; (b) ser uma aula que aparentemente<sup>12</sup> apresentasse diferentes tipos de comparações; (c) contemplar comparações que fossem potencialmente analógicas, segundo o nosso referencial teórico; e (d) abranger comparações distintas, mas orientadas por um mesmo tema ou domínio alvo. Esse último critério surgiu durante a observação das aulas, quando percebemos a ocorrência de comparações distintas que envolviam um mesmo tema ou aspectos distintos de um mesmo domínio alvo.

O próximo passo no processo de imersão nos dados da pesquisa consistiu na transcrição das falas (i.e. do modo verbal oral) registradas nos episódios nos quais o professor estabeleceu as comparações, segundo o padrão anteriormente apresentado na subseção 4.3.1. A partir das transcrições do discurso oral fizemos o mapeamento estrutural de cada comparação, conforme os procedimentos descritos na subseção 4.3.2. A análise estrutural das comparações, por meio da identificação das correspondências entre os elementos, os atributos e, principalmente, as relações existentes em cada domínio, nos permitiu caracterizá-las em termos da complexidade estrutural dessas relações colocadas em correspondência pelo professor. Em seguida, pudemos selecionar duas analogias orientadas para um mesmo tópico de conteúdo, estruturalmente consistentes, sistemáticas e focadas em relações de ordem superior, para que, posteriormente, prosseguíssemos com a análise de seus aspectos estruturais (incluindo as estruturas relacionais dessas analogias) com os fatores semânticos e pragmáticos.

Paralelamente, fizemos a transcrição dos outros modos de comunicação orquestrados pelo professor durante o episódio no qual ele construiu as analogias selecionadas, conforme o padrão apresentado nas subseções 4.3.3 a 4.3.6. A partir dessa transcrição multimodal, nós elaboramos um quadro para cada analogia com as descrições detalhadas dos múltiplos modos envolvidos, a respectiva identificação dos domínios da comparação e das entidades colocadas em correspondência, isto é, do seu elemento, atributo ou relação constituinte. As descrições dos modos orquestrados nos permitiram elaborar os *mapeamentos multimodais* das relações em correspondência construídas pelo professor na construção das analogias. Estamos chamando de mapeamento multimodal a identificação dos múltiplos modos de comunicação orquestrados no

---

<sup>12</sup> A certeza a respeito da diversidade de tipos de comparações somente poderia ser dada após uma análise mais criteriosa por meio do mapeamento estrutural de cada comparação. No entanto, a nossa observação atenta e o nosso conhecimento do contexto sociocultural a respeito dos temas abordados durante as aulas assistidas nos permitiram fazer uma prévia avaliação das comparações estabelecidas pelo professor. Ou seja, se, a princípio, tratavam-se de analogias ou se configuravam-se como qualquer outro tipo de comparação.

estabelecimento de correspondências entre relações e atributos que compõem a estrutura relacional comum de uma analogia.

Na elaboração dos mapeamentos multimodais introduzimos novos ícones para indicar a presença ou ausência de orquestração entre modos visuais, acionais e gestuais com o modo verbal oral. Esses ícones estão reproduzidos na figura 9 a seguir.

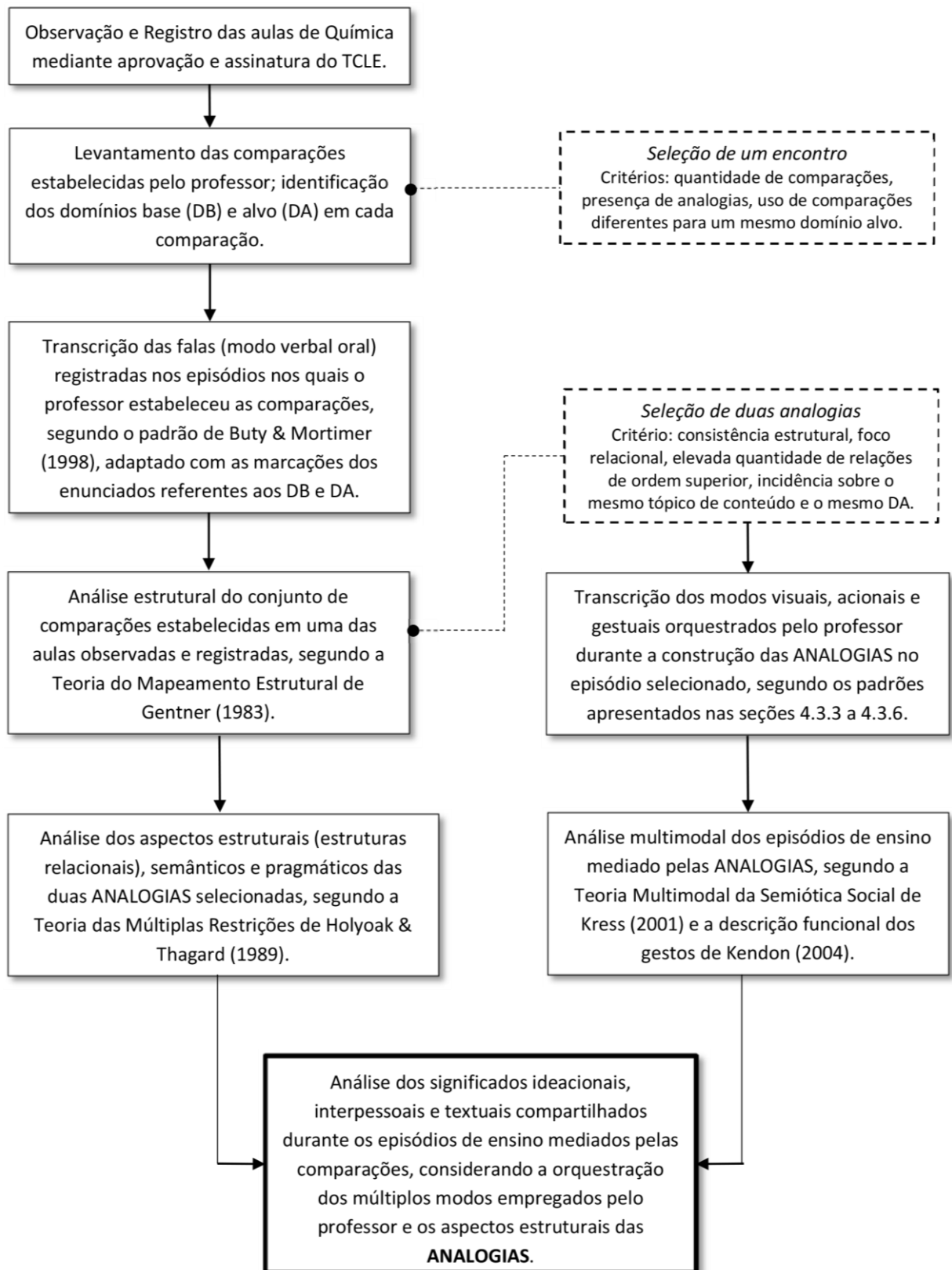
**Figura 9** – Exemplo de representação da orquestração entre o modo verbal oral e outros modos.



**Fonte:** Elaborado pelo grupo de pesquisa – MPEC. **Legenda:** ícone (a) indica a orquestração entre o modo verbal oral, gestual e acional; (b) indica ausência de outros modos além do modo verbal na enunciação.

A partir dessas descrições, dos mapeamentos multimodais e da atribuição de uma intenção retórica, nós discutimos como os significados ideacionais, interpessoais e textuais foram compartilhados durante a construção das analogias a partir de diferentes recursos semióticos orquestrados pelo professor. A figura 10, na página seguinte, apresenta uma síntese da sequência dos procedimentos metodológicos adotados em nosso trabalho.

**Figura 10** – Sequência metodológica adotada para a análise estrutural e expressiva da construção de analogias em um episódio de ensino.



Fonte: Elaborada pelo autor.

## CAPÍTULO 5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

---

### 5.1 - ANÁLISE PRELIMINAR

#### 5.1.1. DESCRIÇÃO GERAL DAS AULAS OBSERVADAS

Durante os encontros semanais que acompanhamos, o professor manteve uma rotina praticamente regular constituída majoritariamente de aulas expositivas, de uma atividade experimental a cada duas ou três semanas, da aplicação de atividades sob a forma de exercícios em duplas ou em pequenos grupos, bem como de uma avaliação mensal. Nós não produzimos registros dos encontros nos quais os estudantes realizaram atividades experimentais e nem nos usados para as avaliações mensais. Nós registramos, portanto, apenas as situações em que seriam maiores as chances do professor construir comparações como forma de mediar a interação dos estudantes com os conceitos, modelos e teorias da Química.

As aulas expositivas dos sete encontros semanais que nós acompanhamos eram caracterizadas, em sua maioria, por discursos centrados na fala do professor, não sendo observadas interações discursivas iniciadas por iniciativa dos estudantes. As poucas falas dos estudantes ocorreram como respostas a demandas apresentadas pelo professor, inclusive nos episódios nos quais ele estabeleceu comparações.

Entre os recursos mobilizados pelo professor nas aulas expositivas, destaca-se o quadro branco e os pincéis de diferentes cores utilizados para fazer desenhos, esquemas, gráficos, representações de estruturas químicas e para escrever sínteses do que ele acabara de dizer aos estudantes. Com menor frequência, o professor também utilizou slides projetados por *data show* e manipulou modelos tridimensionais de estruturas moleculares.

Cada encontro semanal era iniciado por uma apresentação da agenda de atividades previstas para a semana e, às vezes, para as semanas seguintes. Essa apresentação era seguida pela leitura da lista de chamada e de uma breve recapitulação dos principais conceitos abordados na semana anterior. Os exercícios propostos compunham, geralmente, esse momento de recapitulação. Após a realização dos exercícios, o professor introduzia o tema da aula do dia. Interpretamos esse conjunto de procedimentos como um esforço do professor para explicitar relações entre os temas já estudados e o novo tópico a ser abordado.

### 5.1.2. APRESENTAÇÃO DAS COMPARAÇÕES IDENTIFICADAS NAS AULAS OBSERVADAS E REGISTRADAS

O quadro 17 apresenta os domínios das comparações estabelecidas pelo professor nos encontros que observamos, bem como os tópicos do conteúdo programático nos quais essas comparações ocorreram.

**Quadro 17** – Domínios e propósitos das comparações estabelecidas pelo professor.

Encontro semanal	Data	Tópico de conteúdo (Duração do registro)	Comparação		Propósito da comparação
			Domínio Base	Domínio Alvo	
1º	19/03	Modelos de interações intermoleculares (79' 23")	Estrutura molecular do H <sub>2</sub>	Estrutura molecular do HBr	Distinguir a polaridade das moléculas de HBr da polaridade das moléculas de H <sub>2</sub> .
			Interações interatômicas	Interações intermoleculares	Distinguir as intensidades de interações intermoleculares e ligações químicas.
2º	26/03	Modelos de Interações intermoleculares (119' 15")	Modelo de moda (desfile de roupas)	Modelo de gás	Explicar a ideia e o papel de um modelo na Ciência.
3º	09/04	Geometria de moléculas poliatômicas (144' 24")	Geometria molecular do BH <sub>3</sub>	Geometria molecular do NH <sub>3</sub>	Destacar a "falsa semelhança" entre as moléculas da amônia (NH <sub>3</sub> ) e do hidreto de boro (BH <sub>3</sub> ).
			A forma de um tripé	A disposição espacial dos átomos da molécula da amônia	Descrever a geometria piramidal da molécula da amônia.
4º	16/04	Geometria, polaridade e interações intermoleculares (78' 45")	Molécula da água (H <sub>2</sub> O)	Molécula do ácido sulfídrico (H <sub>2</sub> S)	Descrever a geometria e outras características da molécula do ácido sulfídrico (H <sub>2</sub> S).
			A forma de um tripé e de uma pirâmide	A disposição espacial dos átomos da molécula da amônia	Descrever a geometria de moléculas constituídas por quatro átomos, sendo o átomo central um elemento da família 5.
		Introdução à termodinâmica (47' 21")	Fluxo de dinheiro	Fluxo de energia	Explicar o significado dos sinais positivo e negativo nos cálculos de variação de energia interna em um sistema.
5º	07/05	Cinética química. Velocidade de reações químicas. Teoria das colisões (141' 10")	Velocidade de um carro	Velocidade de uma reação química	Introduzir a ideia de velocidade de um processo.
			Velocidade de diferentes partes de um carro	Velocidade de consumo e de produção de substâncias	Introduzir a ideia de "velocidade global" das reações químicas, para em seguida, explicar como deve ser o cálculo dessa velocidade a partir das velocidades de consumo dos

					reagentes ou de produção das novas substâncias.
			Pele sobre o corpo humano	Camada de tinta sobre uma superfície metálica	Abordar a função de proteção de uma camada de tinta sobre uma superfície metálica ao evitar a sua oxidação.
			Brincadeira com uma bola sendo jogada contra uma parede	Colisões entre partículas durante uma reação química	Responder, retoricamente, que a maioria das colisões entre as partículas não provoca alterações nos materiais.
			Esferas	Moléculas "monoatômicas"	Criar uma representação para as moléculas em colisão durante o processo reacional.
			Situações em um jogo de sinuca	Situações previstas pela teoria das colisões	Introduzir duas condições necessárias para que uma colisão entre moléculas seja eficaz: a geometria e a energia envolvida no choque.
			Acidentes de trânsito	Choques entre moléculas	Dizer que o momento do choque entre as moléculas numa colisão efetiva é o momento que envolve a maior quantidade de energia.
			Deslocamento de um veículo em um aclive	Representação gráfica da energia de ativação de uma reação química	Explicar como que diferentes valores de energia de ativação podem influenciar na velocidade das reações químicas.
			Notas obtidas por estudantes em uma avaliação	Movimentação de moléculas em um sistema	Relacionar o conceito de temperatura com a distribuição da energia cinética entre as moléculas que constituem o sistema reacional.
			Aumento da quantidade de acidentes nas estradas	Aumento da quantidade de choques entre moléculas	Introduzir a influência do aumento da temperatura do sistema reacional sobre a velocidade das reações químicas.
			Função de uma máquina do tempo	Função de uma geladeira	Dizer que a redução da temperatura de um sistema reacional apenas diminui a velocidade da reação química, mas não inverte o seu sentido.
			Forma de um sino	Forma de um gráfico (curva gaussiana)	Apresentar a forma característica de uma curva gaussiana, uma distribuição estatisticamente normal.
			Distribuição das notas dos alunos em uma prova	Distribuição da energia cinética de moléculas em reação química	Explicar um gráfico que trata do efeito da temperatura sobre a distribuição da energia cinética entre moléculas em um sistema reacional.
6º	14/05	Cinética Química: fatores que interferem na velocidade das	Situações em um jogo de sinuca	Situações previstas pela teoria das colisões	Breve retomada de uma comparação estabelecida na semana anterior com a intenção de fazer uma síntese das principais



		reações químicas (74' 06")			ideias abordadas sobre a teoria das colisões.
			Abertura de um túnel em um morro oferecendo um caminho mais curto e mais fácil para o deslocamento de um veículo automotivo	Representação gráfica da redução da energia de ativação promovida pelo uso de catalisadores	Explicar como que o novo mecanismo reacional com menor energia de ativação, favorecido pelo uso de catalisadores, acelera uma reação química.
			Relação de encaixe entre fechadura e chave	Relação químico-estrutural estabelecida entre enzimas e substratos nos processos bioquímicos	Descrever o mecanismo de ação das enzimas nas transformações dos substratos.
7º	21/05	Dinâmica das reações em equilíbrio químico (138' 08")	Exemplo de situação de equilíbrio estático	Exemplo de situação de equilíbrio dinâmico	Distinguir as características de um equilíbrio dinâmico das características de um equilíbrio estático.
			Entrada e saída de água em um tanque com uma torneira capaz de enchê-lo, na parte superior, e furos capazes de esvaziá-lo, na parte inferior	Dinâmica de duas reações químicas em equilíbrio, sendo uma o inverso da outra	Mostrar as características de uma situação de equilíbrio químico.
			Implicações de uma brincadeira envolvendo a troca de cadeiras entre duas salas de aula	Dinâmica de duas reações químicas, em equilíbrio, sendo uma o inverso da outra	Mostrar as características de uma situação de equilíbrio químico.
			Situações de reestabelecimento de equilíbrio por uma pessoa em uma corda bamba	Inscrição na lousa: "Equilíbrio se desloca sempre no sentido contrário da ação empreendida"	Introduzir o Princípio de Le Chatelier.

Fonte: Quadro produzido pelo autor.

De acordo com os dados apresentados no quadro 17, vemos que o professor estabeleceu apenas oito comparações nos quatro primeiros encontros: duas no 1º, uma no 2º, duas no 3º e mais três no 4º. Essas comparações se caracterizaram, em sua maioria, por serem menos complexas do que aquelas que serão analisadas nas seções deste capítulo, pois foram baseadas, predominantemente, em atributos de elementos do DB e do DA.

Uma observação atenta dos vídeos dessas aulas também nos permitiu constatar que em quatro dessas oito comparações as correspondências abrangeram elementos, atributos e relações constituintes de domínios pertencentes a uma mesma área de conhecimento. Por exemplo, quando o professor comparou a estrutura molecular da amônia ( $\text{NH}_3$ ) com a estrutura molecular do hidreto de boro ( $\text{BH}_3$ ), ele estava estabelecendo correspondências entre entidades similares: a quantidade de ligações químicas, as características dos átomos centrais e a geometria das moléculas.

Nós orientamos nosso interesse por comparações entre domínios pertencentes a áreas de conhecimento de naturezas distintas. Essa escolha se baseou na expectativa de que elas fossem mais sofisticadas, na medida em que impõem o estabelecimento de relações e não apenas de elementos ou atributos do DB e do DA.

Entre as comparações dos encontros 1 a 4 nós constatamos a ocorrência de apenas três com domínios bem distintos: uma no 2º encontro, outra no 3º encontro e uma terceira no 4º encontro. Nessa última, o professor comparou as variações de energia ocorridas em um sistema termodinâmico com as variações do saldo bancário de um indivíduo com a intenção de compartilhar os significados dos sinais positivos e negativos nos cálculos de variação de energia interna.

Nos três últimos encontros, nós encontramos boa quantidade e diversidade de comparações: treze no 5º encontro, três no 6º e quatro no 7º. Considerando as diferenças entre os domínios base e alvo, bem como os propósitos que atribuímos a essas comparações, nós decidimos concentrar nossa análise nelas. Essa decisão se mostrou adequada à medida em que elas se mostraram suficientes para respondermos às nossas questões de pesquisa.

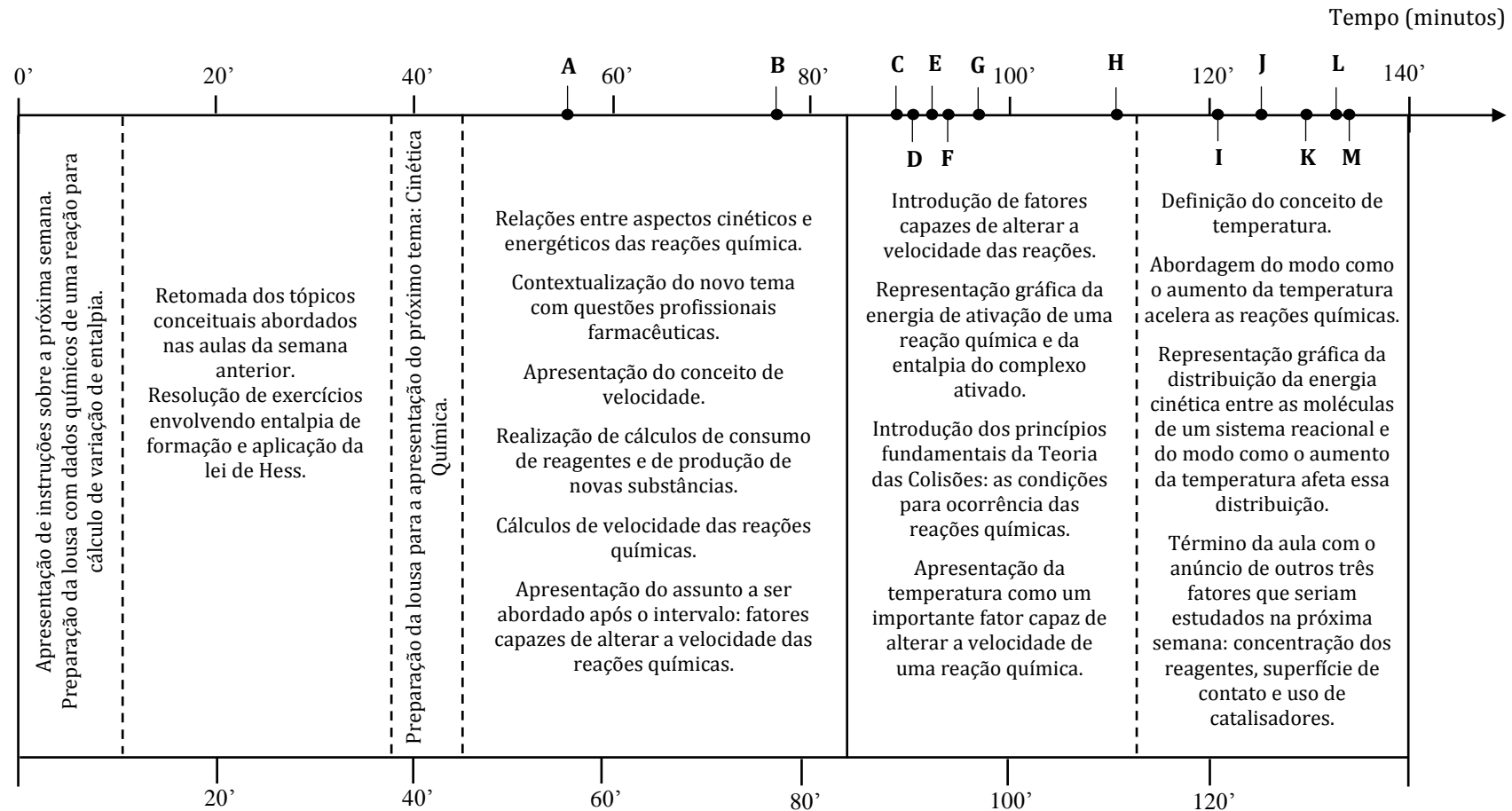
Considerando, ademais, os critérios apresentados na seção 4.4 para a escolha das aulas a serem analisadas, os dados apresentados no quadro 17 nos permitiram selecionar o 5º encontro semanal como foco da nossa análise. Como indica esse quadro, nesse encontro, o professor estabeleceu 13 comparações. Os domínios e os propósitos das comparações apresentados no quadro 17 sugerem que entre as mesmas há comparações simples, menos complexas, baseadas em atributos, mas que predominam comparações mais complexas e analogias verdadeiras,

segundo os critérios advindos do nosso referencial teórico. Além disso, conforme será apresentado mais detalhadamente na próxima subseção, algumas comparações registradas nas aulas do 5º encontro estão orientadas ao mesmo domínio alvo. Por isso, a análise das mesmas poderia nos ajudar a entender como o professor articula comparações distintas, mas vinculadas a um mesmo tema.

### **5.1.3. DESCRIÇÃO DA AULA SELECIONADA PARA AS ANÁLISES ESTRUTURAIS E MULTIMODAIS**

No 5º encontro o professor abordou ideias centrais da teoria das colisões para as reações químicas e destacou a temperatura como um fator capaz de provocar alterações na taxa de reação. Nesse contexto, o professor construiu 13 comparações. A figura 11 apresenta uma linha do tempo que nós construímos com a finalidade de localizar sequencialmente as comparações enunciadas pelo professor durante o encontro. Nessa figura, as 13 comparações foram identificadas por letras do alfabeto grafadas em maiúsculo. No quadro 18, nós usamos as mesmas letras para descrever cada comparação, por meio da identificação do intervalo de tempo gasto pelo professor em cada uma delas, da explicitação de seus domínios base e alvo, bem como do propósito do contexto a partir dos quais elas foram realizadas.

**Figura 11** – Linha do tempo da aula sobre Cinética Química do encontro ocorrido no dia 07/05/14, com identificação das 13 comparações enunciadas, por meio de letras.



Fonte: Elaborada pelo autor.

**Quadro 18** – Comparações enunciadas durante as aulas do encontro do dia 07/05/14.

Comparação (Intervalo)	Domínio base	Domínio alvo	Propósito da Comparação	Contexto do Episódio
<b>A</b> (55'27" – 58'02")	Velocidade de um carro	Velocidade de uma reação química	Introduzir a ideia de velocidade de um processo.	Ao explorar a cinética das reações, o professor introduziu o conceito de velocidade por meio da comparação <b>A</b> . Posteriormente, antes de deduzir uma expressão da velocidade que não dependesse de uma substância específica, ele estabeleceu a comparação <b>B</b> .
<b>B</b> (77'00" – 78'05")	Velocidade de diferentes partes de um carro	Velocidade de consumo e de produção de substâncias	Introduzir a ideia de "velocidade global" das reações químicas, para em seguida, explicar como calculá-la a partir das velocidades de consumo dos reagentes e de produção das novas substâncias.	
<b>C</b> (87'05" – 87'43")	Pele sobre o corpo humano	Camada de tinta sobre uma superfície metálica	Abordar a função de proteção de uma camada de tinta sobre uma superfície metálica para evitar sua oxidação.	Comparação enunciada ao tratar de procedimentos utilizados para se evitar a ocorrência de reações químicas.
<b>D</b> (88'50" – 89'33") (97'20" – 97'23")	Brincadeira com uma bola sendo jogada contra uma parede	Colisões entre partículas durante uma reação química	Responder, retoricamente, que a maioria das colisões entre as partículas não provoca alterações nos materiais.	A comparação <b>D</b> foi enunciada quando o professor introduziu a teoria das colisões. Essa comparação está relacionada com a F.
<b>E</b> (90'42" – 90'51")	Esferas	Moléculas "monoatômicas"	Criar uma representação para as moléculas em colisão durante o processo reacional.	Comparação enunciada ao se introduzir o modelo cinético-molecular que seria utilizado para se estudar as transformações químicas.
<b>F</b> (91'00" – 92'56") (93'28" – 94'42")	Situações em um jogo de sinuca	Situações previstas pela teoria das colisões	Introduzir 2 condições necessárias para que uma colisão entre moléculas seja eficaz: a geometria e a energia envolvida no choque.	A comparação <b>F</b> , assim como a D, foi enunciada no contexto da teoria das colisões.
<b>G</b> (97'40" – 97'58")	Acidentes de trânsito	Choques entre moléculas	Dizer que o momento do choque entre as moléculas em uma colisão efetiva é o momento que envolve a maior quantidade de energia.	A comparação <b>G</b> foi enunciada a fim de evidenciar a grande quantidade de energia nas colisões. Tal ideia é retomada na comparação <b>J</b> .

<b>H</b> (110'30" - 112'33")	Deslocamento de um veículo em um aclave	Representação gráfica da energia de ativação de uma reação química	Explicar como diferentes valores de energia de ativação podem influenciar a velocidade das reações.	O professor retoma a teoria das colisões para relacioná-los com a representação gráfica da entalpia do complexo ativado e a energia de ativação. Nesse contexto ele também enuncia a comparação <b>H</b> .
<b>I</b> (121'11" - 121'48")	Notas obtidas por estudantes em uma avaliação	Movimentação de moléculas em um sistema	Relacionar o conceito de temperatura com a energia cinética média das moléculas que constituem o sistema reacional.	A comparação <b>I</b> foi enunciada para abordar o conceito de temperatura e foi retomada na construção da comparação <b>M</b> .
<b>J</b> (124'24" - 125'02")	Aumento da quantidade de acidentes nas estradas	Aumento da quantidade de choques entre moléculas	Introduzir a influência do aumento da temperatura do sistema reacional sobre a velocidade das reações.	A comparação <b>J</b> foi enunciada na apresentação de uma relação matemática entre o aumento da temperatura e o aumento da velocidade das reações químicas.
<b>K</b> (128'00" - 128'42")	Função de uma máquina do tempo	Função de uma geladeira	Dizer que a redução da temperatura de um sistema apenas diminui a velocidade da reação química, mas não inverte o seu sentido.	A comparação <b>K</b> foi enunciada ao se abordar uma situação cotidiana envolvendo a conservação dos alimentos em geladeiras.
<b>L</b> (130'40" - 130'58")	Forma de um sino	Forma de um gráfico (curva gaussiana)	Apresentar a forma característica de uma curva gaussiana, uma distribuição estatisticamente normal.	A comparação <b>L</b> foi enunciada logo após o professor ter desenhado uma curva gaussiana da lousa a fim de abordar a distribuição da energia cinética entre moléculas.
<b>M</b> (131'04" - 135'37")	Distribuição das notas dos alunos em uma prova	Distribuição da energia cinética de moléculas em reação química	Explicar um gráfico que trata do efeito da temperatura sobre a distribuição da energia cinética entre moléculas em um sistema reacional.	A comparação <b>M</b> retomou as ideias da comparação <b>I</b> e foi construída no contexto da elaboração do gráfico e da influência do aumento da temperatura na distribuição da energia cinética entre moléculas.

Fonte: Quadro produzido pelo autor.

## 5.2 - MAPEAMENTO ESTRUTURAL DAS COMPARAÇÕES

Os quadros a seguir apresentam os mapeamentos estruturais que fizemos. Antecedendo cada quadro, apresentamos uma transcrição da fala do professor na qual o **negrito** destaca os enunciados associados ao domínio base e o sublinhado aqueles associados ao domínio alvo.

### 5.2.1 - COMPARAÇÃO A

A comparação A foi estabelecida no contexto de um episódio da aula que começou logo após o professor ter introduzido o tema da velocidade das reações químicas. Ele contextualizou sua abordagem referindo-se aos assuntos ligados ao contexto profissional do curso dos estudantes (ciências farmacêuticas). Dessa forma, ele apresentou o tema em estudo: cinética química. O episódio foi transcrito a seguir.

#### *Transcrição do episódio*

((54'35")) [...] *então agora nós vamos estudar o que nós chamamos de cinética química / cine significa movimento / (1s) / como é a transformação química no tempo / (1s) / é lógico que quando a gente fala em movimento / qual é a medida que nos dá a dimensão do movimento? / qual é / vamos dizer assim / o fator físico que eu possa medir / que me mostre se a reação é rápida ou se a reação é lenta? / qual é o conceito que nós aplicamos pra poder medir essa dinâmica? / (1s) / bom / toda vez que eu quero estudar movimento / o conceito que nós trabalhamos é o conceito de... velocidade / (2s) / o que é velocidade? / uma taxa pelo tempo / (1s) / ((COMPARAÇÃO A - 55'27")) / **andei tantos quilômetros... em meia hora / ou em uma hora / ou em dez horas / dependendo de quanto tempo eu levei para andar aquela distância / eu vou ter a noção da minha velocidade / se eu fui rápido ou se eu fui lento / (1s) / geralmente quando a gente tem uma disputa / por exemplo uma corrida de carros / onde o percurso eu já sei o tamanho dele** ((gesticula modelando o circuito da corrida)) / **é igual pra todos / nos interessa só controlar o... tempo / aquele que tiver menor tempo é porque foi mais... veloz / aquele que tem maior tempo é porque foi mais lento / bom** / ((o professor se dirige em direção ao quadro)) / então quando nós estudamos velocidade / nós estamos estudando / uma taxa de variação pelo tempo / (10s) / bom / **mas um carro / eu acho que é fácil pra gente compreender a noção de velocidade / mas uma reação acontece num recipiente / num tubo de ensaio / o tubo de ensaio não está correndo pelo laboratório / ele está paradinho lá / lá no suporte de tubos de ensaio né/ ora / o que é que nós estamos falando? / de que velocidade nós estamos falando? / qual é a transformação que eu quero medir? / ((o professor retorna ao quadro para escrever)) / eu quero medir como o reagente se transforma em... / produto / é isso que me interessa / (1s) / não é se o tubo de ensaio tá se movendo / eu quero saber em quanto tempo os reagentes se transformam em produtos / (1s) / então / **no caso do carro / a gente estuda a variação de espaço pelo tempo em que aconteceu o movimento / no nosso caso aqui / nós vamos pegar uma taxa / mas na verdade / nós vamos medir / uma taxa / que é a variação da concentração / ou do reagente pelo tempo / (1s) / ou a variação da concentração do produto / pelo tempo / (5s) / porque vejam / o tubo não está andando / ((gesticula ao se referir a esse improvável movimento do tubo de ensaio)) / o reagente não está mudando de lugar / tá no mesmo recipiente / então o que a gente pode medir / é quanto eu tenho de reagente / quanto eu tenho no produto / ((58'02")) [...]*****

**Quadro 19** – Mapeamento estrutural da comparação **A**.

DOMÍNIO BASE	CORRESPONDÊNCIAS	DOMÍNIO ALVO
Carro	$E_1$	Reação química
Distância percorrida pelo carro	$A_1 (E_1)$	Concentração das substâncias durante a reação química
Intervalo de tempo do deslocamento do carro	$A_2 (E_1)$	Intervalo de tempo durante a ocorrência da reação química
Rapidez/lentidão do carro	$A_3 (E_1)$	Rapidez/lentidão da reação química
Deslocamento do carro ao longo do tempo	$A_4 (E_1)$	Ausência de deslocamento do recipiente onde ocorre a reação
Taxa de variação da distância pelo tempo	$r_1 (A_1, A_2)$	Taxa de transformação dos reagentes nos produtos pelo tempo

Legenda: E = elementos; A = atributos; r = relações de primeira ordem

\*O tema da comparação **A** é o conceito de velocidade para as reações químicas. **Fonte:** Quadro produzido pelo autor.

Com o mapeamento estrutural da comparação **A**, reconstruímos uma série de correspondências originadas nas características do movimento de um carro e na cinética de uma reação química. O quadro 19 destaca a relação de primeira ordem  $r_1$  entre a taxa temporal da transformação química ( $r_1$  do DA) e a taxa temporal de variação da distância percorrida por um automóvel ( $r_1$  do DB). A penúltima linha do quadro 19 mostra que o professor deu destaque a uma diferença alinhável entre os dois domínios, ao tratar de uma característica que o movimento do carro e a reação química não compartilham: o deslocamento macroscópico de massa no espaço e no tempo.

O professor explorou enfaticamente a correspondência relacional entre a taxa de variação temporal da distância percorrida por um carro e, a taxa de variação temporal da concentração dos reagentes ou produtos em uma reação química. Conforme o mapeamento estrutural apresentado no quadro 19, é interessante observar que, na comparação **A**, a quantidade de atributos em correspondência predomina sobre a quantidade de relações em correspondência.

### 5.2.2 - COMPARAÇÃO B

A comparação **B** foi enunciada no contexto da abordagem de uma reação química específica – a síntese da amônia. Nesse contexto, o professor construiu uma tabela na lousa a fim de apresentar as variações nas quantidades de reagentes e de produtos envolvidas na reação, em intervalos regulares. Ao final, ele calculou a velocidade de consumo dos reagentes e de produção da amônia para, então, chegar a uma expressão única da velocidade da reação que não dependesse da taxa de variação temporal de uma substância específica. A seguir apresentamos a transcrição do episódio subsequente no qual ele estabelece a comparação **B** com a finalidade de



introduzir a ideia de velocidade global das reações químicas, seguida do quadro 20 que sintetiza o mapeamento estrutural dessa comparação.

### Transcrição do episódio

((76'45")) [...] bom / calcular a velocidade / desde que eu tenha os valores é muito fácil / eu pego a variação e divido pela variação de tempo / é uma velocidade média / mas tem um incômodo aí / ((COMPARAÇÃO B - 77'00")) imagina a gente pensar um carro / onde o banco da frente / quando o carro tá em movimento / tem uma velocidade / o banco de trás tem outra / né / uma roda tem uma velocidade / uma outra roda tem outra / fica uma coisa estranha! / o quê que a gente imagina? / que o objeto como um todo tenha... uma velocidade / e aqui / nós tivemos um valor para o nitrogênio / tivemos um valor para o hidrogênio / e tivemos outro valor para a amônia! / (2s) / a ideia / é que a velocidade da reação / fosse um único valor / independente de qual substância eu levaria em consideração / (2s) / então vejam o meu problema aqui / eu tenho que transformar isso / num único valor / como fazer isso? / (4s) / ora / alguém pode sugerir assim / vamos fazer a média / mas não tem sentido / porque cada substância tem sua dinâmica / nós temos que pensar assim / o quê que fez cada substância ter uma velocidade diferente? / ((78'05")) / o que levou / cada uma / ser modificada / ou para mais ou para menos / se era produto ou reagente / de uma maneira diferente? / (3s) / não foi os coeficientes do balanceamento? / ((78'20")) [...]

**Quadro 20** – Mapeamento estrutural da comparação B.

DOMÍNIO BASE	CORRESPONDÊNCIAS	DOMÍNIO ALVO
Carro	$E_1$	Reação química
Partes de um carro	$E_2$	Substâncias em uma reação química
Velocidades de diferentes partes de um carro	$A_1 (E_2)$	Velocidades de consumo/produção de diferentes substâncias
As partes do carro apresentam a mesma velocidade	$r_1 (A_1, E_1)$	As substâncias em reação podem ter diferentes velocidades de consumo/produção
Velocidade global no deslocamento do carro como um todo	$r_2 (A_1, E_1)$	Velocidade global de transformação das substâncias, como um todo

Legenda: E = elementos; A = atributos; r = relações de primeira ordem

Fonte: Quadro produzido pelo autor.

No quadro 20 vemos que há uma única correspondência entre relações de primeira ordem. A terceira e a quarta linha do quadro tratam dos mesmos atributos de DA e DB. A terceira mostra uma correspondência e a quarta linha uma diferença alinhável entre os dois domínios, que indica uma limitação da comparação B. Enquanto as partes de um carro apresentam velocidades iguais e idênticas à velocidade do próprio carro, as substâncias que participam de uma reação química podem ter velocidades de consumo e produção diferentes, que são determinadas pela estequiometria da reação. Esse é justamente o caso da síntese da amônia dado como exemplo pelo professor, no momento em que ele realizou a comparação B. Esse exemplo não aparece nas nossas transcrições.

### 5.2.3 - COMPARAÇÃO C

O professor iniciou o segundo momento da aula abordando fatores capazes de impedir a ocorrência de reações químicas, a fim de introduzir princípios da teoria das colisões para

compreender a dinâmica desses fenômenos. Ele exemplificou e contextualizou esse tema introduzindo perguntas que iniciam a transcrição a seguir.

### **Transcrição do episódio**

((87'00")) [...] *essa estrutura metálica / que é de aço / que protege aqui o projetor / ((o professor aponta para o projetor instalado no teto da sala de aula)) / ((COMPARAÇÃO C - 87'05")) por que nós pintamos passando uma camada de tinta? / ((alguns alunos respondem mas a câmera não capta o áudio)) / pra não enferrujar / e por que não enferruja? / (1s) / o quê que é enferrujar? / é o oxigênio entrando em contato com o aço / com o ferro do aço / então é a colisão do oxigênio com o ferro do aço / e nessa colisão o oxigênio arranca elétrons do ferro / aí o ferro vira um cátion e o oxigênio vira um ânion e forma uma substância iônica que é o óxido de ferro / e na hora que eu pinto / passo uma camada / uma película / ((87'42")) **ponho uma pele sobre o ferro** / o oxigênio consegue bater no ferro? / se não tem o oxigênio colidindo com o ferro / se não há colisão entre os reagentes / não há reação / por isso a pintura ((87'58")) [...]*

A expressão destacada em negrito ("**ponho uma pele**") seguida pelo referente sublinhado ("sobre o ferro") revela uma expressão de caráter metafórico. Isto é, trata-se de uma expressão baseada em uma metáfora – um tipo de comparação menos explícita baseada em algum tipo de similaridade entre dois domínios distintos. Nesse caso, trata-se de uma comparação entre a função protetora da camada de tinta sobre uma superfície metálica e a função protetora da pele sobre o corpo humano. O quadro 21 apresenta o mapeamento que fizemos para compreender a estrutura dessa comparação.

**Quadro 21** – Mapeamento estrutural da comparação C.

DOMÍNIO BASE	CORRESPONDÊNCIAS	DOMÍNIO ALVO
Pele humana	$E_1$	Camada de tinta
Corpo humano	$E_2$	Superfície metálica
Espessura da pele	$A_1(E_1)$	Espessura da camada de tinta
A pele cobre o corpo humano	$r_1(E_1, E_2)$	A camada de tinta cobre a superfície metálica
Apesar de fina, a pele tem protege o corpo humano	$R_1(r_1, A_1)$	Apesar de fina, a camada de tinta protege a superfície metálica

Leg.: E = elementos; A = atributos; r = relações de primeira ordem; R = relações de ordem superior

Fonte: Quadro produzido pelo autor.

O mapeamento estrutural dessa comparação C foi realizado a partir das possibilidades de correspondências entre os dois domínios, diferentemente da análise das outras comparações para as quais os mapeamentos majoritariamente foram constituídos a partir de elementos, atributos ou relações efetivamente enunciados pelo professor. Em outras palavras, as correspondências apresentadas no quadro 21 foram deduzidas a partir do contexto no qual a expressão metafórica foi enunciada. Essa comparação nos parece se enquadrar na concepção de *metáfora relacional* de Gentner & Markman (1997), por estar baseada essencialmente em uma

relação de primeira ordem ( $r_1$ ) e de ter como foco uma relação de segunda ordem ( $R_1$ ), ambas mapeadas no quadro 21.

#### 5.2.4 - COMPARAÇÕES D, E, F & G

As comparações D, E, F e G foram enunciadas em um mesmo episódio de ensino, logo após o professor ter retomado os conceitos que ele havia introduzido para dar início à apresentação da teoria das colisões. Esse episódio está transcrito a seguir.

##### **Transcrição do episódio**

((88'50")) [...]então veja bem / nós temos um primeiro ponto importante / nós acreditamos que toda a matéria é formada por átomos e / no caso mais importante as moléculas / essas moléculas estão em movimento e o que vai explicar as transformações dos materiais é que as moléculas... colidem entre si / (2s) / mas será que qualquer colisão vai levar a uma transformação? / será que qualquer colisão vai levar o reagente a virar produto? / não / colisões vão acontecer / **((COMPARAÇÃO D))** / a maioria das colisões não altera os materiais / é como uma bola que a gente joga na parede / bate na parede / mas a parede continua parede e a bola continua... bola ((89'33")) / na verdade / a colisão que leva à reação é chamada de colisão eficaz ou também chamada de colisão efetiva / (3s) / acontece toda sorte de colisões quando os reagentes estão em contato / particularmente... ((expressão não compreendida)) / mas / (2s) / não é toda colisão que vai levar a transformação / é uma colisão bem especial / essa colisão é chamada de colisão eficaz colisão efetiva / e aí nós vamos ver que condições são necessárias para que essa colisão seja eficaz / essa colisão seja efetiva / (1s) / geralmente / quando nós queremos enxergar / quando nós queremos visualizar o que tá acontecendo / nós trabalhamos com a noção de modelo / o nosso modelo é o modelo cinético-molecular / **((COMPARAÇÃO E - 90'42"))** nós estamos imaginando as moléculas / vamos imaginar moléculas monoatômicas pra facilitar / **como se fossem esferas / que na verdade estão colidindo** ((90'51")) / então / geralmente quando a gente quer dar uma dimensão de um choque eficaz / nós criamos um modelo / ou seja / **((COMPARAÇÃO F - 91'00"))** pra gente poder comparar / que é... / vamos dizer assim... / no caso... é... / **uma analogia / um modelo analógico / de algo que acontece por colisão / e todo mundo conhece um jogo que a gente chama de bilhar ou sinuca / é um jogo que na verdade ele funciona a base de uma colisão / uma bolinha branca que tem que colidir com outra bolinha / e essa outra bolinha após a colisão tem que se dirigir a uma determinada caçapa / (1s) / então nós comparamos de certa maneira a colisão eficaz a colisão efetiva com essa situação do jogo de bilhar / o que que é necessário para que a colisão seja efetiva? / no jogo de bilhar a colisão efetiva é aquela que a bolinha vai pra caçapa / qualquer outra colisão que não fizer isso é uma colisão que... não tem praticidade pro jogo / então nós vamos dizer o seguinte / a primeira coisa fundamental é que a geometria / o momento do choque / seja uma geometria favorável / (6s) / ou seja / se a gente pensar no jogo / não é atoa que um jogador ele fica posicionando olhando o jogo / pensando na estratégia para fazer o movimento / pra que a colisão da bola branca e a bola que ele quer colocar na caçapa tenha geometria adequada / porque depois da colisão a bola tem que ir num determinado... / vamos dizer assim / é... sentido / uma determinada orientação / que é exatamente o caminho da caçapa / (2s) / então a geometria / ou seja / o momento / a maneira como o choque se dá / tem que ser favorável para a transformação / e a maioria dos choques não tem essa geometria favorável ((92'56")) / depois nós vamos tentar entender isso melhor / (3s) / uma segunda situação aqui / uma condição que é necessária e insuficiente / ou seja / uma sozinha não adianta / é que tenha uma energia mínima necessária / (14s) / **((continuação da COMPARAÇÃO F - 93'28"))** ora porque, pegando a situação do jogo / não adianta a colisão ter sido numa geometria favorável se a bolinha parar no meio do caminho / (2s) / ela tem que sair / não só na direção correta / mas com uma energia mínima pra chegar até a caçapa e entrar dentro da caçapa / pode ter mais energia do que isso / o que não pode é ter... / [menos] / menos / eu tenho que ter uma energia mínima necessário pra isso / (2s) / no nosso caso aqui / voltando à reação / diferentemente do jogo / o jogo nos ajuda mas a situação aqui é bem distinta do jogo ((93'57")) / nós temos uma situação que nós temos que entender o seguinte / ora / quando eu tenho uma reação acontecendo / olha aí a ideia! / nós temos na verdade / antes de virar produto / nós temos aqui o momento do choque / (2s) / entre os reagentes / e se o choque for um choque eficaz / eu vou ter os... produtos / (3s) / qual a diferença entre reagentes e produtos? / ora / as ligações que eu tenho nos reagentes**

*/ são diferentes das ligações que eu tenho nos produtos((94'42")) / [...] ((neste intervalo o professor desenhou representações de uma reação química no quadro)) / ((96'53"))no momento do choque / tem que começar a quebrar a ligação dos reagentes e tem que começar a ter a formação das novas ligações que estão nos produtos / então esse momento do choque / que é bom pensar que o choque é efetivo / tá certo? / eu vou colocar aqui como um intermediário / se eu não tiver um choque efetivo volta a ser reagente / e não vira produto / ((retomada da COMPARAÇÃO D - 97'20"))é a bolinha que bateu na parede e voltou / então vamos imaginar um momento muito especial / que é o momento do choque / o hidrogênio ainda tá ligado a hidrogênio / mas o cloro também tá ligado ao cloro / e nesse momento aqui / eles sofreram a colisão / é o momento do choque / (2s) /((COMPARAÇÃO G - 97'40"))repare que toda vez que tem um choque / o momento do choque é o momento mais energético que a gente tem / quem já passou por um acidente sabe disso! / na hora do choque a gente sente toda a energia que na verdade é maior do que eu tinha no início e maior do que eu tinha no final((97'58")) [...]*

O quadro 22 apresenta o mapeamento estrutural da comparação **D** que está situada no início do trecho de fala transcrito acima.

**Quadro 22** – Mapeamento estrutural da comparação **D**.

DOMÍNIO BASE	CORRESPONDÊNCIAS	DOMÍNIO ALVO
Bola	$E_1$	Partículas (átomos ou moléculas)
Parede	$E_2$	Partículas (átomos ou moléculas)
A parede (e a bola) pode sofrer alterações (por exemplo, deformações)	$A_1(E_2)$	As partículas podem sofrer alterações (podem reagir uma com a outra)
A bola colide contra a parede	$r_1(E_1, E_2)$	Uma partícula colide contra outra
A maioria das colisões entre bolas e paredes não deforma esses objetos; desse ponto de vista, são colisões ineficazes*	$R_1(r_1, A_1)$	A maioria das colisões entre partículas não produz alterações (reações químicas) nos materiais; são colisões ineficazes

Nota: (\*) No DA a relação  $R_1$  é enunciada explicitamente. No DB a relação  $R_1$  não é enunciada, mas pode ser inferida.

Leg.: E = elementos; A = atributos; r = relações de primeira ordem; R = relações de ordem superior

Fonte: Quadro produzido pelo autor.

O mapeamento estrutural da comparação **D** evidencia uma relação de primeira ordem ( $r_1$ ) e outra de ordem superior ( $R_1$ ). O foco da comparação não se restringe a elementos ou atributos de elementos pertencentes a cada domínio. Ao invés disso, o destaque está na correspondência de relações estabelecidas entre elementos do DB e relações estabelecidas entre elementos do DA. Essa comparação pode ser considerada uma analogia, visto que possui consistência estrutural e foco relacional, embora nela encontremos um elemento do DA (partículas) que se refere a dois diferentes elementos do DB (bola e parede). A falta de correspondência um a um, que é prevista pela restrição de consistência estrutural da teoria do mapeamento estrutural não parece constituir um problema. Afinal, nos dois domínios, a relação  $r_1$  coloca em destaque a colisão entre dois objetos. Desde esse ponto de vista, não há perda de consistência estrutural na analogia.

O quadro 23 apresenta o mapeamento estrutural da comparação E que vincula a interação entre moléculas monoatômicas e aquela que ocorre entre esferas que colidem umas com as outras.

**Quadro 23** – Mapeamento estrutural da comparação E.

DOMÍNIO BASE	CORRESPONDÊNCIAS	DOMÍNIO ALVO
Esferas	$E_1$	“Moléculas monoatômicas”
Formato das esferas	$A_1(E_1)$	Formato das moléculas
Possibilidade de colisão entre as esferas	$A_2(E_1)$	Possibilidade de colisão entre as moléculas

Legenda: E = elementos; A = atributos

Fonte: Quadro produzido pelo autor.

O mapeamento estrutural da comparação E indica que lidamos, nesse caso, com uma similaridade por mera aparência. Isso porque essa comparação está baseada, predominantemente, na correspondência entre atributos dos dois domínios e não em relações.

A comparação F foi iniciada após 91 minutos do começo do encontro. Ao iniciá-la, o professor afirmou estar construindo uma analogia. Essa classificação da comparação é reafirmada por meio da análise que fizemos e que está sumarizada no quadro 24.

**Quadro 24** – Mapeamento estrutural da comparação F.

DOMÍNIO BASE	CORRESPONDÊNCIAS	DOMÍNIO ALVO
Bolas de sinuca	$E_1$	Moléculas
Jogo de sinuca	$E_2$	Reação química
Movimento das bolas	$E_3$	Movimento das moléculas
As bolas podem se mover em várias direções (dependendo da tacada)	$A_1(E_3)$	As moléculas se movimentam em diferentes direções e sentidos
Por causa do movimento das bolas, elas podem colidir umas com as outras.	$r_1(E_3, E_1)$	Por causa do movimento das moléculas elas podem colidir umas com as outras.
A direção dos movimentos das bolas gera colisões com diferentes geometrias.	$R_1(r_1, A_1)$	A direção dos movimentos das moléculas gera colisões com diferentes geometrias.
Há direções no movimento das bolas que favorecem a geometria do choque e geram colisões efetivas (bola na caçapa).	$R_2(r_1, A_1)$	Há direções no movimento das moléculas que favorecem a geometria do choque e geram colisões efetivas (reações químicas).
Durante o jogo de sinuca, a quantidade de choques com geometria desfavorável é maior que a quantidade de choques com geometria favorável. (*)	$R_3(R_1, R_2, E_2)$	Durante a ocorrência da reação química, a quantidade de choques com geometria desfavorável é maior que a quantidade de choques com geometria favorável.

O maior número de colisões com geometria desfavorável gera um grande número de colisões que não conduzem as bolas para a caçapa.	$R_4 (R_3, R_2)$	O maior número de colisões com geometria desfavorável gera um grande número de colisões que não provocam reações químicas.
Uma bolinha alcança uma caçapa após ter sido atingida por outra em uma geometria favorável	$R_5 (R_2, R_1)$	Uma molécula reage com outra após ter sido atingida em uma geometria favorável

Nota: (\*) Assim como no caso da relação  $R_1$  mencionada no quadro 22, a relação  $R_3$  mencionada no quadro 23 não foi enunciada pelo professor quando ele caracterizou o DB. Contudo, a presença dessas relações no DB pode ser inferida em ambos os casos, a partir de uma análise lógica baseada no conhecimento do analista acerca dos elementos e das relações que estruturam o DB e o DA.

Leg.: E = elementos; A = atributos; r = relações de primeira ordem; R = relações de ordem superior

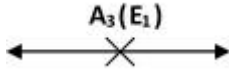
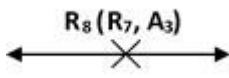
Fonte: Quadro produzido pelo autor.

A primeira parte dessa comparação pode ser compreendida como uma analogia estruturalmente consistente, sistemática e com foco essencialmente relacional, tendo em vista as cinco relações de ordem superior identificadas no quadro 24 pelos símbolos  $R_1$  a  $R_5$ . Fazendo uma análise dessas relações, pudemos notar que  $R_1$  e  $R_2$  são relações de segunda ordem baseadas no atributo  $A_1$  e na relação de primeira ordem  $r_1$ . Tanto  $R_1$  e  $R_2$  podem ser classificadas como relações causais:  $R_1$  explica a diversidade das colisões possíveis e  $R_2$  a existência de colisões efetivas ou não efetivas, segundo o critério pertinente a cada domínio (encaçar a bola no jogo de sinuca ou transformar reagente em produto na reação química).  $R_3$ ,  $R_4$  e  $R_5$  são três relações de ordem superior: (i)  $R_3$  compara quantidades de choques com geometria favorável ou desfavorável; (ii)  $R_4$  vincula a quantidade de choques com geometria desfavorável e a quantidade de choques ineficazes; (iii)  $R_5$  descreve o resultado dos choques com geometria favorável.

O quadro 25 apresenta o mapeamento estrutural das novas correspondências estabelecidas na continuação da comparação F. Enquanto na primeira parte dessa comparação o professor abordou o papel da geometria dos choques em uma transformação química, na segunda parte o professor pôs em destaque a energia dos choques, segundo a teoria das colisões.

**Quadro 25** – Mapeamento estrutural da continuação da comparação F.

DOMÍNIO BASE	CORRESPONDÊNCIAS	DOMÍNIO ALVO
Energia das bolas de sinuca	$A_2 (E_1)$	Energia das moléculas
<i>“Não adianta a colisão ter sido numa geometria favorável se a bolinha parar no meio do caminho”</i>	$R_6 (R_2, A_2)$	Não adianta a colisão entre as moléculas ter uma geometria favorável se a energia não for suficiente para provocar a reação
Uma colisão entre bolas de sinuca será efetiva se houver geometria favorável e energia suficiente para uma bola ir à caçapa	$R_7 (R_2, A_2)$	Uma colisão entre moléculas será efetiva se houver geometria favorável e energia suficiente para formar o <i>intermediário</i> (complexo ativado), que resultará na reação.

Imutabilidade das bolas de sinuca (*)		Mutabilidade das moléculas
Uma colisão efetiva entre duas bolas de sinuca não as transforma (*)		Uma colisão efetiva entre duas moléculas provoca sua transformação em novas moléculas

Nota: (\*) Assim como no caso da relação  $R_1$  mencionada no quadro 22, bem como da relação  $R_3$  mencionada no quadro 23, nem o atributo  $A_3$  e nem a relação  $R_8$  foram enunciados pelo professor nas enunciações que compuseram seu discurso sobre o DB. Mantivemos em todos esses casos a estratégia de explicitar o que pode ser inferido mediante uma análise lógica das comparações, ao considerarmos que pequenas omissões na enunciação de similaridades ou de diferenças entre DB e DA parece não comprometer a consistência estrutural das comparações construídas pelo professor.

Leg.: E = elementos; A = atributos; r = relações de primeira ordem; R = relações de ordem superior

Fonte: Quadro produzido pelo autor.

Ao prosseguir com a analogia entre as possíveis situações em um jogo de sinuca e as colisões entre moléculas para ocorrência de uma reação química, o professor introduziu a energia das partículas como um novo atributo ( $A_2$ ) do elementobola de sinuca do DB e do elemento moléculas do DA. Isso tornou a analogia mais rica e sofisticada. A partir daí, o professor pôde construir mais duas correspondências entre relações de ordem superior ( $R_6$  e  $R_7$ ). Com elas, ele estabeleceu uma segunda condição para caracterizar uma colisão efetiva.

A relação de ordem superior  $R_8$ , construída a partir do atributo  $A_3$  com a relação  $R_7$ , indica algo não compartilhado entre bolas de sinuca e moléculas: as últimas possuem átomos agrupados em ligações químicas que são rompidas durante uma colisão efetiva; as primeiras são esferas maciças e indivisíveis, tanto antes, quanto após as colisões. Essa limitação da analogia **F**, presente em nosso mapeamento como uma diferença alinhável, não é explicitada pelo professor, embora possamos entender que tenha sido sugerida por ele, quando ele diz que “*voltando à reação / diferentemente do jogo / o jogo nos ajuda* ((a entender as reações químicas)), *mas a situação aqui é bem distinta do jogo*”. A presença do sinal gráfico “X” sobre as setas bidirecionais que indicam as correspondências identificadas com o atributo  $A_3$  e com a relação de ordem superior  $R_8$  indica essa diferença alinhável.

Ainda nesse episódio, o professor brevemente retomou a comparação entre a situação de jogar bolas em uma parede e as colisões entre moléculas, a fim de salientar a não ocorrência de uma transformação química no caso dos choques que envolvem pouca energia. Em seguida, o professor introduziu a comparação **G** na qual o choque das moléculas permanece como DA e um acidente de trânsito envolvendo a colisão de automóveis faz o papel de DB. Essa comparação serviu para evidenciar o alto conteúdo energético das colisões.

**Quadro 26** – Mapeamento estrutural da comparação **G**.

DOMÍNIO BASE	CORRESPONDÊNCIAS	DOMÍNIO ALVO
Automóveis	$E_1$	Moléculas
Acidente	$E_2$	Reação química
Nos acidentes ocorrem batidas entre automóveis	$r_1 (E_2, E_1)$	Nas reações químicas ocorrem colisões entre moléculas
Energia dos automóveis	$A_2 (E_1)$	Energia das moléculas
A energia alcança um valor máximo no momento da batida	$R_1 (A_2, r_1)$	A energia alcança um valor máximo no momento da colisão

Leg.: E = elementos; A = atributos; r = relações de primeira ordem; R = relações de ordem superior

Fonte: Quadro produzido pelo autor.

O mapeamento estrutural da comparação **G** revela que o professor constrói a relação de segunda ordem  $R_1$  ao colocar em correspondência a máxima energia alcançada no momento de uma colisão entre moléculas ( $R_1$  do DA) e a máxima energia atingida no momento de uma batida entre automóveis durante um acidente ( $R_1$  no DB). Essa relação  $R_1$  alinha dois elementos e um atributo de cada domínio. Devido à ênfase dada pelo professor à relação  $R_1$ , nós podemos considerar a comparação **G** como uma analogia. No entanto, ao comparar a complexidade estrutural dessa comparação com aquela que identificamos na analogia **F**, nós chegamos à conclusão de que a **G** é uma analogia mais simples ou menos sofisticada do que **F**.

### 5.2.5 - COMPARAÇÃO H

Ao se dirigir para a turma, o professor inicia o episódio em que desenvolveu a comparação **H** retomando aspectos da teoria das colisões para relacioná-los com uma representação gráfica que relaciona a entalpia de um complexo ativado e a energia de ativação.

#### *Transcrição do episódio*

((110'30")) [...] os reagentes / colidem / e se a colisão for eficaz / vamos ter a formação dos... produtos / (1s) / repare / ((COMPARAÇÃO H - 110'47")) que a energia de ativação vai ser uma barreira pra reação / se a energia de ativação for pequena / se o valor aqui for muito pequeno / vai ser mais fácil ou mais difícil pra reação se processar? / [vai ser mais difícil]((alguns alunos respondem))se for pequena vai ser mais difícil?![vai ser mais fácil]((outros alunos respondem)) / veja / ((o professor se dirige ao gráfico e aponta para o segmento de reta que representa a energia de ativação))essa energia eu vou ter que fornecer / se não chegar até aqui em cima / não tem reação / se o morrinho for menor aqui ((111'13")) / o quê que vai acontecer? / é mais fácil de subir ((111'18")) / é uma energia pequena que eu tenho que fornecer / e se eu tenho uma energia pequena / essa reação vai ser rápida / se a energia de ativação for muito grande / ((111'32")) vai ser muito difícil de subir / pra eu chegar do outro lado eu tenho que ir até lá em cima / o que vai acontecer com o tempo de ir até lá em cima e de chegar do outro lado? / vai ser maior ((111'43")) / se eu aumento o tempo o que acontece com a velocidade? / [diminui] ((alguns alunos respondem)) diminui / então vejam / a velocidade de uma reação / é inversamente proporcional / à energia de ativação / quanto maior a energia de ativação / mais lenta é uma reação / quanto menor é a energia de ativação / mais rápida é uma reação / (2s) / ((112'14"))então a energia de ativação é como se fosse uma... / barreira pra reação / eu tenho que vencer essa energia de ativação pra que a reação se processe mais rápido / ou se eu quiser que a reação demore mais / o quê que eu tenho que fazer? / aumentar



*essa energia de ativação((112'33")) / (2s) / bom / é um pouco o que nós vamos discutir sobre os fatores que afetam a velocidade [...]*

**Quadro 27** – Mapeamento estrutural da comparação **H**.

DOMÍNIO BASE	CORRESPONDÊNCIAS	DOMÍNIO ALVO
Barreira / Morro	$E_1$	Energia de ativação
Altura da barreira / altura do morro	$A_1(E_1)$	Valor da energia de ativação
Pessoas / Carros	$E_2$	Reagentes
Percurso das pessoas e dos carros	$A_2(E_2)$	Reação química (percurso dos reagentes)
Tempo que a pessoa gastaria para alcançar o topo do morro	$A_3(E_2)$	Tempo que os reagentes levariam para atingir o valor da energia de ativação
Velocidade do percurso	$r_1(A_1, A_3)$	Velocidade da reação química
Quanto menor for a altura do morro, mais fácil é o percurso	$r_2(A_1, A_2)$	Quanto menor for a energia de ativação, a reação química ocorre mais facilmente
Quanto maior for a altura do morro, mais difícil é o percurso	$r_3(A_1, A_2)$	Quanto maior for a energia de ativação, a reação química dificilmente ocorre
Quanto mais difícil for o percurso, devido a maior altura do morro, maior será o tempo gasto para se alcançar o seu topo	$R_1(r_2, A_3)$	Quanto mais difícil for a ocorrência da reação química, devido a sua maior energia de ativação, maior será o tempo gasto para alcançar esse valor.
Quanto maior for o tempo gasto para as pessoas alcançarem o topo do morro, mais lento será o seu percurso. (Velocidade do percurso)	$R_2(A_3, r_1)$	Quanto maior for o tempo gasto para os reagentes alcançarem o valor da energia de ativação, mais lenta será a reação química. (Velocidade da reação química)

Leg.: E = elementos; A = atributos; r = relações de primeira ordem; R = relações de ordem superior

Fonte: Quadro produzido pelo autor.

O mapeamento estrutural que fizemos para a comparação **H** revelou o alinhamento de dois elementos, três atributos, três relações de primeira ordem e duas relações de ordem superior. Isso nos permite afirmar que essa comparação é uma analogia relativamente sofisticada. Há que se considerar que essa comparação foi iniciada por meio da enunciação de uma metáfora: “*repare / que a energia de ativação vai ser uma barreira pra reação*”. No entanto, podemos dizer que essa metáfora foi transformada em uma analogia, na medida em que atributos e, principalmente, relações foram explicitadas pelo professor. A conversão de metáforas em analogias também foi postulada por Mozzer & Justí (2015).

### 5.2.6 - COMPARAÇÃO I

Ao abordar a temperatura como um fator capaz de alterar a velocidade de uma reação química e ao apresentar a diferença entre calor e temperatura, o professor introduziu o conceito de temperatura por meio da comparação I.

#### Transcrição do episódio

((120'57")) [...] a temperatura / muitos acham que mede o calor / a temperatura não mede o calor! / a temperatura mede o estado de agitação do sistema / a temperatura tá relacionada com a energia cinética média / ((COMPARAÇÃO I - 121'11")) / porque as moléculas / mais ou menos / a gente pode pensar estatisticamente / é que nem aluno no dia de prova / (1s) / tem moléculas que são rápidas/ (1s) / como tem muitos alunos que tiram notas boas nas provas / mas tem moléculas que são lentas / como tem alunos que tiram notas mais baixas nas provas / (2s) / ou todos alunos terão a mesma nota nas provas? / ((alguns alunos riem baixo)) / as moléculas não têm a mesma velocidade / as moléculas não se movimentam da mesma maneira/ (1s) / então / a temperatura / ela está relacionada / com aquilo que nós chamamos de energia cinética média / ((121'48")) / ((nesse instante o professor escreve na lousa as letras "Ec" e inscreve um traço acima dessas letras)) / quando eu faço esse traço em cima / nós estamos falando da energia cinética média! / das moléculas / não de uma em particular / significa que tem moléculas que tem energia maior do que a média / como também significa que tem moléculas que tem energia... / menor do que a média / (1s) / mas a maioria das moléculas / ((o professor caminha em direção à inscrição feita no quadro sobre a energia cinética média)) / estão próximas da... média ((o professor executa um gesto referencial dêitico em direção à inscrição)) / por isso a temperatura é uma coisa... bastante importante / [...]

#### Quadro 28 – Mapeamento estrutural da comparação I.

DOMÍNIO BASE	CORRESPONDÊNCIAS	DOMÍNIO ALVO
Alunos	$E_1$	Moléculas
Nota	$E_2$	Energia cinética (movimento)
Prova (instrumento de avaliação)	$E_3$	Sistema reacional
Notas dos alunos em uma prova	$r_1 (E_2, E_1, E_3)$	Energia cinética (movimento) das moléculas em um sistema reacional
Nota alta/baixa	$A_1 (E_2)$	Energia cinética alta/baixa
Nem todos os alunos têm a mesma nota em uma prova	$r_2 (E_1, E_2, E_3)$	Nem todas as moléculas têm a mesma energia cinética em um sistema reacional
Há alunos com bom desempenho (nota alta) e alunos com mau desempenho (nota baixa)	$R_1 (r_2, A_1)$	Há moléculas que se movimentam rapidamente e moléculas que se movimentam lentamente
Entre as notas dos alunos há uma média	$R_2 (r_1, r_2)$	Entre os valores de energia cinética das moléculas há uma média

Leg.: E = elementos; A = atributos; r = relações de primeira ordem; R = relações de ordem superior

Fonte: Quadro produzido pelo autor.

O mapeamento estrutural da comparação I revelou correspondências entre três elementos constituintes de cada domínio, duas relações de primeira ordem que organizam elementos semanticamente similares, um atributo do segundo elemento mapeado e duas relações de ordem superior centrais para a comparação sob análise. Podemos dizer que a comparação I é estruturalmente consistente, pois: (1<sup>o</sup>) cada elemento, atributo e relação

enunciados no DB correspondem a outro elemento, atributo e relação no DA; (2<sup>o</sup>) as relações mapeadas asseguram a conectividade em paralelo dos elementos correspondentes.

Além disso, identificamos duas relações de ordem superior ( $R_1$  e  $R_2$ ) que conectam a segunda relação de primeira ordem  $r_2$  ao único atributo relevante e à relação  $r_1$ , respectivamente. Essa característica da comparação **I** atende ao princípio de sistematicidade estabelecido como uma marca das analogias por Gentner e colaboradores. Por fim, o mapeamento estrutural da comparação mostra claramente que o foco do professor ao construí-la foi, essencialmente, relacional. Em outras palavras, o professor se utilizou de relações que ele explicitou no DB como um recurso discursivo para estabelecer relações correspondentes no DA.

### 5.2.7 - COMPARAÇÃO J

Na continuidade do encontro, o professor continuou explorando a relação entre o aumento da temperatura e o aumento na velocidade das reações químicas. Para postular uma relação matemática entre essas duas variações, ele construiu a comparação **J**, a seguir.

#### **Transcrição do episódio**

((123'09")) [...] em tese / a gente pensa de maneira linear / a gente pensaria assim / se eu duplicar a temperatura / o quê que a gente espera? / [que vai duplicar a velocidade da reação] ((um aluno respondeu)) / a velocidade deveria duplicar / mas o problema que acontece / e foi Van't Hoff que trabalhou essa relação / ele descobriu / não é uma regra aritmética / não é uma lei / mas é uma ideia média / que cada dez graus Celsius / dez graus Celsius! / de aumento de temperatura / (3s) / em média / duplica a velocidade / (1s) / da reação / (5s) / e gente / vamos lembrar que temperatura a gente pensa em Kelvin / não pensa em Celsius / (4s) / tá 273 / zero grau Celsius / passo pra 283 / aumentei dez graus / dupliquei a temperatura? / [não] ((alguns alunos respondem)) / e a velocidade... / [duplicou] / então significa / que a temperatura / age muito mais intensamente do que nós estamos imaginando / (1s) / é lógico que a gente pensa assim / **((COMPARAÇÃO J - 124'24"))** se aumenta a velocidade das moléculas / aumentando a temperatura / aumenta os choques / é fácil ver se a gente olhar as nossas estradas né / se a gente pega uma estrada que tem sessenta quilômetros por hora de velocidade máxima / tem acidente / porque nem todo mundo respeita essa velocidade / (1s) / mas se eu passar ela pra oitenta quilômetros por hora / o que vai acontecer com os acidentes? / (2s) / piora! / nas ruas / tem mão certa né / a pessoa devia estar dirigindo numa mão a outra em outra mão / conforme o sentido de direção / (1s) / as moléculas não têm mão / obrigatória / elas estão lá... de maneira caótica / ((125'02")) / Van't Hoff descobriu essa noção aqui / a cada dez graus de aumento de temperatura / eu duplico a velocidade / [...]

O professor continuou a discussão sobre essa relação de Van't Hoff<sup>13</sup> ao apresentar o exemplo de uma situação que envolve a conservação de alimentos por meio da redução da temperatura. O quadro 29 apresenta o mapeamento estrutural dessa comparação.

---

<sup>13</sup>Jacobus Henricus van't Hoff (1852 - 1911) foi um químico holandês e o primeiro vencedor do Prêmio Nobel de Química, em 1901. Ele é mais conhecido por suas contribuições no campo da cinética química, equilíbrio químico, pressão osmótica e estereoquímica.

**Quadro 29** – Mapeamento estrutural da comparação J.

DOMÍNIO BASE	CORRESPONDÊNCIAS	DOMÍNIO ALVO
Pessoas/carros	$E_1$	Moléculas
Estrada	$E_2$	Sistema reacional
Acidentes	$E_3$	Choques
Aceleração	$E_4$	Aquecimento
Deslocamento das pessoas	$A_1(E_1)$	Movimentação das moléculas
Velocidade dos deslocamentos das pessoas na estrada	$A_2(E_2)$	Velocidade dos movimentos das moléculas no sistema
O deslocamento das pessoas nas estradas pode provocar acidentes	$r_1(A_1, E_3)$	A movimentação das moléculas nos sistemas provoca choques
A aceleração provoca aumento da velocidade dos deslocamentos das pessoas na estrada	$r_2(E_4, A_2)$	O aquecimento provoca aumento da velocidade dos movimentos das moléculas no sistema
O aumento da velocidade dos deslocamentos das pessoas na estrada provoca aumento da quantidade de acidentes	$R_1(r_1, r_2)$	O aumento da velocidade dos movimentos das moléculas no sistema provoca aumento da quantidade de choques
Os deslocamentos das pessoas deveriam ocorrer em apenas dois sentidos, um em cada lado da estrada	$r_3(A_1, E_2)$	Os movimentos realizados pelas moléculas são caóticos

Leg.: E = elementos; A = atributos; r = relações de primeira ordem; R = relações de ordem superior

Fonte: Quadro produzido pelo autor.

A comparação entre a movimentação de moléculas em um sistema e os deslocamentos das pessoas em seus carros nas estradas foi construída com a intenção de estabelecer uma relação entre o aumento da temperatura de um sistema e o aumento da quantidade de choques entre as moléculas que o constituem. Considerando o mapeamento estrutural que fizemos, podemos dizer que essa comparação é uma analogia por culminar no estabelecimento de correspondências entre uma relação de segunda ordem ( $R_1$ ) que envolve duas relações de primeira ordem ( $r_1$  e  $r_2$ ). Constatamos que há mais relações de primeira e segunda ordem do que atributos dos elementos alinhados. Um destaque deve ser dado a relação  $r_3$ , que foi apontada pelo professor como uma limitação da analogia. Essa relação específica é uma diferença alinhável entre os dois domínios.

## 5.2.8 - COMPARAÇÃO K

### Transcrição do episódio

((127'45")) [...] a temperatura mexe muito com a velocidade / (2s) / e aí a pessoa geralmente né / abre ainda o iogurte e deixa de lado né / e depois de uma hora volta / e continua a se alimentar né / **((COMPARAÇÃO K - 128'00"))** e se eu colocar na geladeira a reação volta pra trás? / ela diminui / mas o que já reagiu... / já reagiu / a geladeira não cuida disso / ((uma aluna faz uma pergunta que não podemos escutar)) / é / na verdade não é que não pode / ... não tem muito mais efeito / não vai adiantar nada / o que é a ilusão que a pessoa tem / põe na geladeira e aí volta pra trás / **como se fosse uma máquina do tempo / não é / geladeira é uma máquina de gelar / não é uma máquina do tempo / o que aconteceu / aconteceu**

*/ a geladeira não volta pra trás / é lógico que a partir daí / que pus na geladeira / a velocidade pode ser mais lenta / mas o que já reagiu / já reagiu((129'42")) [...]*

**Quadro 30** – Mapeamento estrutural da comparação **K**.

DOMÍNIO BASE	CORRESPONDÊNCIAS	DOMÍNIO ALVO
Máquina do tempo	$E_1$	Geladeira
Tempo	$E_2$	Temperatura
Função da Máquina: voltar no tempo	$r_1 (E_1, E_2)$	Função da Geladeira: reduzir temperatura sem voltar no tempo

Legenda: E = elementos; r = relações de primeira ordem

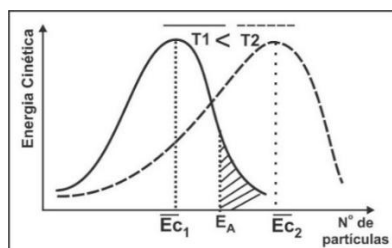
Fonte: Quadro produzido pelo autor.

O mapeamento de **K** mostra uma estrutura curta que nos permite dizer que essa é uma comparação relativamente simples. Contudo, também mostra que o foco dessa comparação é relacional. Por essa razão, podemos considerá-la como uma analogia. A comparação **K** enfatiza uma diferença relacional entre os domínios e, nesse sentido, poderia ser classificada, segundo os critérios de Ferry & Nagem (2008), como uma contra-analogia. Contra-analogias são comparações com ênfase em diferenças alinháveis entre os dois domínios, sejam essas diferenças associadas a relações ou atributos.

### 5.2.9 - COMPARAÇÕES L E M

Ao prosseguir na apresentação do tema proposto para o 5º encontro, o professor construiu duas comparações que têm como base gráficos que ele mesmo inscreveu na lousa (fig. 12).

**Figura 12** – Aparência final dos gráficos construídos na lousa pelo professor.



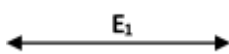
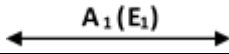
Fonte: Elaborada pelo autor a partir das imagens capturadas em vídeo.

#### Transcrição do episódio

*((130'07")) [...]* pra vocês entenderem / o que tá acontecendo / eu preciso mostrar um gráfico um pouquinho diferente / o gráfico aqui / é relacionar da seguinte maneira / é um gráfico onde eu tenho / o valor da energia cinética / vamos pensar assim / pode ser entalpia / e aqui / o número de partículas que têm essa energia (5s) / quando eu pego / um material que está a uma certa temperatura / o gráfico / mais ou menos / tem essa característica aqui oh (8s) / ((o professor desenha no quadro uma curva de uma distribuição normal, também conhecida como curva gaussiana)) / ((COMPARAÇÃO L)) / **vejam / essa curva que tem a forma de sino (1s) / né / parece um sino (2s) / é uma curva que a gente chama Gauss / Gauss foi quem estudou muito essa distribuição (1s) / ((COMPARAÇÃO M - 131'04")) / isso acontece nas provas também / quando vocês fazem provas / vocês vão ter alunos que tiraram notas menores / tem alunos que tiraram notas maiores / mas a maioria dos alunos estão na média / se a gente for ver a média da**

*energia aqui oh / essa aqui seria a energia cinética média / é aonde eu tenho a maioria das moléculas (1s) / o grande número de moléculas está próximo da média / um pouquinho antes / um pouquinho depois / poucas moléculas estão com notas mais baixas / poucas estão com notas mais... altas / mas a maioria tá muito próxima/ (3s) / só / que pra reagir / não é a energia cinética média / o quê que é / qual é a energia que é necessária pra reagir? (2s) / qual o nome que nós damos à energia necessária pra reagir? ((alguns alunos responderam energia de ativação)) / energia de ativação / então quando a gente olha a energia de ativação / vamos imaginar que nesse caso / a energia de ativação seja essa aqui oh/ (1s) / significa / que só essas moléculas que estão pra cá / podem reagir / por que que essas moléculas podem reagir? / (3s) / porque essas moléculas têm energia igual / ou superior à energia de / ativação/ (3s) / tá claro isso? / de todas essas moléculas / só essas podem reagir / imagine o seguinte / imagine a seguinte situação / nós fizemos uma prova / aqui na sala / (2s) / mas os alunos não tiveram um bom resultado / (1s) / a média da turma é essa aqui ((o professor faz um gesto dêitico sobre um ponto do gráfico desenhado no quadro))/ mas a média / que é considerada pra aprovação / é essa daqui ((novo gesto dêitico))/ então só esses alunos daqui ((idem))/ que estão com nota igual ou superior à média / os sessenta por cento / (1s) / tá claro? / mas a média da turma / ficou bem abaixo / da média / que é a média de aprovação / (3s) / bom / vamos imaginar agora que eu aumentei a temperatura / vamos imaginar então uma nova prova que os alunos fizeram e foram melhor / (1s) / então o que acontece / então eu tenho aqui uma temperatura 1/ e estou imaginando uma temperatura 1 / menor que uma temperatura 2 / então agora eu vou pegar essa mesma curva / essa mesma distribuição / pra uma temperatura maior / quando eu tenho uma temperatura maior / eu vou pôr em vermelho/ (3s) / eu vou ter essa situação aqui oh/ (5s) / olha o que acontece / eu ainda tenho alunos que tiram nota baixa / mas é bem menor do que antes / mas a média da turma / a média da turma / é essa aqui oh/essa é a energia cinética média / na temperatura 2 / essa aqui é na temperatura 1/ aqui eu tenho a temperatura 2 / (5s) / só que a média da aprovação muda de uma prova pra outra? / a energia de ativação de uma reação / é fixa / a energia de ativação ainda continua sendo essa / então agora nessa nova temperatura / quais moléculas é que podem reagir?/ (1s) / ora / são as moléculas que têm energia igual / ou superior à energia de ativação / que não muda / isso aqui é fixo / não muda com a temperatura / então todas essas moléculas aqui / toda essa região que eu vou marcar aqui de verde / tem as moléculas que podem reagir/ (3s)/ então quando eu mudo a temperatura / eu não só aumento a velocidade / tem um fator a mais / o quê que aumentou? / aumentou muito o número de moléculas / que têm energia cinética igual ou superior à energia de... ativação / e se elas têm energia cinética igual ou maior que a energia de ativação / elas podem... / ((alguns alunos responderam algo que não pudemos escutar))/ e irão reagir / por isso / a velocidade que eu vou ter aqui na temperatura T2/ vai ser muito maior / que a velocidade que eu tinha na temperatura... T1 / vocês estão entendendo o fenômeno? ((135'37")) [...]*

**Quadro 31 – Mapeamento estrutural da comparação L.**

DOMÍNIO BASE	CORRESPONDÊNCIAS	DOMÍNIO ALVO
Sino		Gráfico
Forma do sino		Forma do gráfico

Legenda: E = elementos; A = atributos

Fonte: Quadro produzido pelo autor.

O mapeamento estrutural da comparação L revela que se trata de uma comparação de mera aparência, uma vez que ela foi elaborada, simplesmente, com base em um atributo dos elementos que compõem ambos os domínios. Considerando a ênfase dada pelo professor na forma dos elementos postos em correspondência concluímos que essa comparação se assemelha à comparação E, mas é muito diferente de todas as outras.

A construção de comparações mais elaboradas e complexas foi retomada, logo em seguida, pelo professor, como mostra o mapeamento da comparação M, que é apresentado no quadro 32, a seguir. A comparação M permitiu ao professor tratar do efeito da temperatura sobre a distribuição da energia cinética das moléculas que compõem um sistema reacional.

**Quadro 32**– Mapeamento estrutural da comparação M.

DOMÍNIO BASE	CORRESPONDÊNCIAS	DOMÍNIO ALVO
Alunos	$E_1$	Moléculas
Nota	$E_2$	Energia cinética
Prova (instrumento de avaliação)	$E_3$	Sistema reacional
<i>Notas dos alunos em uma prova</i>	$r_1 (E_2, E_1, E_3)$	<i>Energia cinética (Ec) das moléculas em um sistema reacional</i>
<i>Nota alta/baixa</i>	$A_1 (E_2)$	<i>Energia cinética alta/baixa</i>
<i>Nem todos os alunos têm a mesma nota em uma prova</i>	$r_2 (E_1, E_2, E_3)$	<i>Nem todas as moléculas têm a mesma energia cinética em um sistema reacional</i>
<i>Há alunos com bom desempenho (nota alta) e alunos com mau desempenho (nota baixa)</i>	$R_1 (r_2, A_1)$	<i>Há moléculas que se movimentam rapidamente e moléculas que se movimentam lentamente</i>
<i>Entre as notas dos alunos há uma média</i>	$R_2 (r_1, r_2)$	<i>Entre os valores de Ec das moléculas há uma média</i>
Distribuição das notas dos alunos em torno da média	$R'_2 (r_1, r_2)$	Distribuição da Ec das moléculas em torno da média
Nota mínima para aprovação dos alunos (“média para aprovação”)	$A_2 (E_3)$	Ec mínima para ocorrência da reação química (energia de ativação)
Somente alunos com nota igual ou maior que a média para aprovação podem ser aprovados	$R_3 (R_1, A_2)$	Somente moléculas com energia cinética igual ou maior que a energia de ativação podem reagir
Primeira aplicação de uma prova para avaliação dos alunos	$E_4$	Primeira condição de temperatura para ocorrência da reação química
Nota média dos alunos na primeira prova aplicada	$R_4 (R_2, E_4)$	Ec média das moléculas na primeira condição de temperatura (temperatura mais baixa)
A nota média dos alunos, na primeira prova, foi inferior à nota mínima para aprovação	$R_5 (R_4, A_2)$	A Ec média das moléculas, na primeira condição de temperatura, foi inferior à energia de ativação da reação química
Na primeira prova houve uma pequena quantidade de alunos com nota igual ou superior à nota mínima para aprovação	$R_6 (R_1, E_4, A_2)$	Na primeira condição de temperatura houve uma pequena quantidade de moléculas com Ec igual ou superior à Ec de ativação
Aplicação de outra prova como uma nova oportunidade para a aprovação dos alunos	$E_5$	Aumento da temperatura do sistema como nova condição para a ocorrência de uma reação química
Redução na quantidade de alunos com notas inferiores à nota mínima, na segunda prova aplicada	$R_7 (R_1, R'_2, A_2, E_5)$	Redução na quantidade de moléculas com energia inferior à energia de ativação, na temperatura mais elevada
Aumento da nota média dos alunos na segunda prova	$R_8 (R_2, E_5)$	Aumento da energia cinética média das moléculas, na temperatura mais elevada
Conservação do valor da nota mínima que serve de critério para a aprovação dos alunos	$r_3 (A_2, E_5)$	Conservação do valor da energia de ativação para a ocorrência da reação química
*Aumento da quantidade de alunos com nota igual ou superior à nota mínima para aprovação	$R_9 (R_8, R_7, r_3)$	Aumento da quantidade de moléculas com energia cinética igual ou superior à energia de ativação

Nota: (\*) No DB, a relação  $R_9$  não foi enunciada pelo professor, mas sua presença na comparação **M** pode ser inferida. Trata-se do mesmo caso observado na relação  $R_1$  mencionada no quadro 22, na relação  $R_3$  mencionada no quadro 23, bem como no atributo  $A_3$  e na relação  $R_8$  mencionados no quadro 25.

Leg.: E = elementos; A = atributos; r = relações de primeira ordem; R = relações de ordem superior

Fonte: Quadro produzido pelo autor.

O mapeamento estrutural da comparação **M** nos permite afirmar que o professor retomou a comparação **I**, analisada na subseção 5.2.6 deste capítulo, para enunciar, novamente, as relações  $r_1$ ,  $r_2$  e  $R_2$  que estão descritas no quadro 28. Com a retomada dessas relações durante a construção da nova comparação **M**, o professor pôde reconceber a relação de ordem superior  $R_2$  e assim formular a relação  $R'_2$ , que está descrita no quadro 32. Além dessa retomada, na comparação **M**, o professor elaborou mais sete novas correspondências entre relações de ordem superior ( $R_3$  a  $R_9$ ). Com o auxílio do mapeamento estrutural, nós concluímos que a comparação **M** é uma analogia, uma vez que há poucas correspondências entre atributos dos dois domínios e há um predomínio de relações de ordem superior.

#### ***Elementos, atributos e relações nas comparações do 5º encontro***

A partir dos mapeamentos estruturais das 13 comparações identificadas no 5º encontro foi possível elaborar o quadro 33, a seguir, que apresenta as quantidades de correspondências mapeadas entre os domínios de cada comparação.

**Quadro 33** – Quantidades de correspondências mapeadas nas comparações no 5º encontro.

Comparações	Quantidades de correspondências mapeadas entre os DB e os DA			
	Elementos	Atributos	Relações de 1ª ordem	Relações de ordem superior
<b>A</b>	1	4	1	0
<b>B</b>	2	1	1	0
<b>C</b>	2	1	2	0
<b>D</b>	2	1	1	1
<b>E</b>	1	2	0	0
<b>F</b>	3	3	1	8
<b>G</b>	1	2	1	0
<b>H</b>	2	3	3	2
<b>I</b>	3	1	2	2
<b>J</b>	4	2	3	1
<b>K</b>	2	0	1	0
<b>L</b>	1	1	0	0
<b>M</b>	3	2	3	9

Fonte: Quadro produzido pelo autor.



De acordo com os dados do quadro 33 e com discussões feitas após cada mapeamento, podemos afirmar que, nas aulas sobre Cinética Química registradas no 5º encontro, o professor construiu ao menos onze analogias. Entre as analogias construídas pelo professor, duas se destacam como sendo comparações mais sofisticadas em termos da quantidade e da complexidade das relações de ordem superior colocadas em correspondência: as analogias **F** e **M**.

Apesar disso, optamos por analisar as comparações **I** e **M** para darmos prosseguimento a nossa pesquisa. A razão dessa escolha deve-se à constatação de que essas duas analogias foram construídas a partir dos mesmos domínios base e alvo. Na articulação entre as analogias **I** e **M** vimos que as relações enunciadas durante o episódio da primeira comparação foram ampliadas para a construção de relações de ordem superior na segunda (comparação **M**). Na primeira dessas analogias, as relações  $R_1$  e  $R_2$  serviram para o professor colocar as diferentes energias cinéticas exibidas pelas moléculas de um material em correspondência com as diferentes notas de alunos obtidas em uma prova. Durante a comparação **M**, essas relações foram a base para a construção das outras relações mais sofisticadas e complexas que permitiram ao professor explicar como o aumento da temperatura eleva a quantidade de moléculas com energia cinética igual ou superior à energia de ativação necessária a ocorrência de uma reação química.

### 5.3 - COMPLEMENTO DA ANÁLISE ESTRUTURAL DAS ANALOGIAS I & M

Tendo em vista nossa escolha por realizar uma análise mais densa das comparações **I** e **M**, do que aquela que realizamos para outras 11 comparações contempladas na seção 5.2, nós decidimos elaborar um complemento à análise estrutural dessas duas analogias.

#### ANALOGIA I

O mapeamento estrutural da analogia **I**, apresentado no quadro 28, nos permitiu identificar a estrutura relacional comum entre os domínios dessa comparação. Evidenciamos a estrutura relacional dessa analogia (figura 13) por meio de duas expressões de concatenamento que contemplam as quatro relações construídas: duas de primeira ordem e duas de segunda ordem.

**Figura 13** – Estrutura relacional comum da analogia **I**\*.

(1ª expressão) –  $R_2 [r_1 (E_2, E_1, E_3), r_2 (E_1, E_2, E_3)]$

(2ª expressão) –  $R_1 [r_2 (E_1, E_2, E_3), A_1(E_2)]$

\*A analogia **I** foi construída para tratar da temperatura como uma medida relacionada à distribuição da energia cinética entre moléculas de um sistema. **Fonte:** Elaborada pelo autor.

As duas expressões de concatenamento que constituem a estrutura relacional da analogia **I** estão vinculadas entre si por meio da relação de primeira ordem  $r_2$ . A primeira expressão concatena as duas relações de primeira ordem e a relação  $R_2$ , enquanto a segunda expressão envolve apenas duas relações: a segunda de primeira ordem ( $r_2$ ) e a primeira de segunda ordem ( $R_1$ ). Essas duas expressões de concatenamento revelam que todos os elementos, atributos e relações mapeados compõem a estrutura relacional comum da analogia **I**. Isto significa que essa analogia atende ao princípio da sistematicidade e que os três elementos e o atributo, assim como as três relações mapeadas, são logicamente relevantes e foram discursivamente privilegiadas pelo professor. Podemos dizer ainda que essa estrutura relacional é relativamente simples, especialmente quando a comparamos com a estrutura relacional da analogia **M** (ver figura 15).

Para a análise da analogia **I** recuperamos os dados da transcrição do episódio e do mapeamento estrutural apresentados na seção 5.2. Sob a perspectiva da teoria das múltiplas restrições, elaboramos o quadro 34 e a figura 14, apresentados a seguir, para mostrar o isomorfismo dessa comparação. Na figura, que contém frases com paráfrases das enunciações do professor, os termos em *itálico* evidenciam o isomorfismo entre os elementos e os termos sublinhados o isomorfismo entre as partes centrais das relações.

**Quadro 34** – Proposições enunciadas pelo professor na construção da analogia **I**.

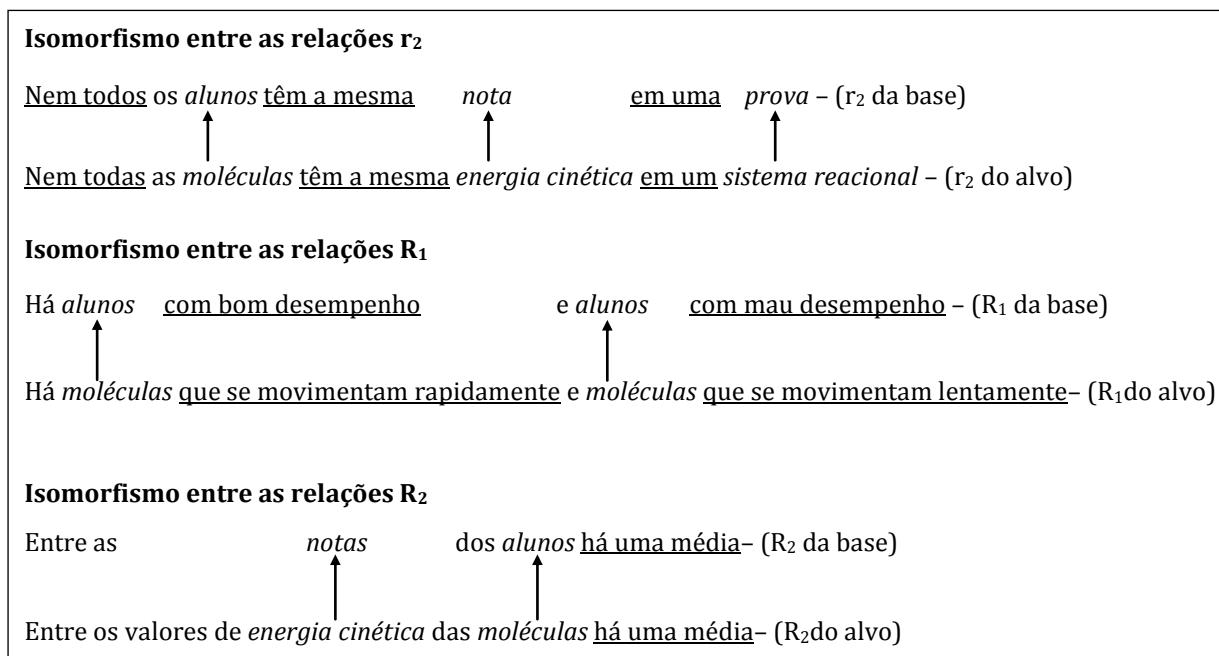
Par de proposições	Domínio	Proposição enunciada
1 <sup>o</sup>	Base	<i>“tem muitos alunos que tiram notas boas”</i>
	Alvo	<i>“tem moléculas que são rápidas”</i>
2 <sup>o</sup>	Base	<i>“tem alunos que tiram notas mais baixas”</i>
	Alvo	<i>“tem moléculas que são lentas”</i>
3 <sup>o</sup>	Base	<i>“todos os alunos terão a mesma nota nas provas?”</i>
	Alvo	<i>“as moléculas não têm a mesma velocidade /”</i> <i>“as moléculas não se movimentam da mesma maneira”</i>

Fonte: Quadro produzido pelo autor.

A figura 14 também nos auxiliou na análise dos fatores semânticos envolvidos entre os elementos, atributos e relações colocados em correspondência na construção da analogia **I**, que corresponde à segunda restrição apresentada por Holyoak & Thagard (1989). A análise do contexto dessa analogia e dos significados das entidades mapeadas nos permite dizer que os elementos *alunos* e *moléculas* são semanticamente similares, uma vez que ambos podem ser compreendidos como entidades individuais caracterizadas por determinados atributos. Uma segunda similaridade semântica pode ser notada entre os elementos *nota* e *energia cinética*, pois ambos são entidades mensuráveis. Por fim, também há similaridade semântica entre a média

das notas obtidas por um conjunto de alunos em uma prova e a média dos valores de energia cinética exibidos pelas moléculas em um sistema reacional.

**Figura 14** – Isomorfismo entre relações parafraseadas no mapeamento da analogia **I**.



**Fonte:** Figura elaborada pelo autor.

Para analisar a centralidade pragmática da analogia **I**, consideramos fundamental recuperar seu contexto e propósito, tal como identificados no quadro 18. O professor construiu essa analogia quando estava abordando a temperatura como parâmetro físico capaz de alterar a velocidade das reações químicas. De acordo com o contexto desse episódio de ensino e com as falas transcritas, entendemos que o professor considerou pragmaticamente relevante utilizar a analogia **I** para estabelecer uma associação entre temperatura e energia cinética média das moléculas, dado que essa associação era central à construção da analogia **M** por meio da qual ele pôde apresentar relações e conceitos mais complexos aos alunos.

Resumindo nossas considerações a respeito da analogia **I**, podemos dizer que essa comparação apresenta foco relacional, é estruturalmente consistente e sistemática, sendo, portanto, uma analogia isomorficamente bem estruturada, com alta similaridade semântica entre seus elementos e relações, bem como pragmaticamente adequada.

## **ANALOGIA M**

O mapeamento estrutural apresentado no quadro 32 nos permite afirmar que o professor retomou todas as correspondências feitas na analogia **I** para construir a analogia **M**. Ou seja, todos os elementos que constituíram os domínios base e alvo dessa primeira comparação também constituem os domínios da segunda. Ao resgatar as relações construídas na

analogia **I**, o professor reconstruiu, passo a passo, todas as correspondências que a constituíram para ampliar a relação  $R_2$  (ver o quadro 28). Com essa ampliação, ele pôde dar destaque à distribuição da energia cinética das moléculas em um sistema reacional, no DA, assim como o fez para a distribuição das notas de alunos em torno de uma média, no DB. A ampliação da relação  $R_2$  foi codificada no mapeamento apresentado no quadro 32 como  $R'_2$ .

Logo após a construção de  $R'_2$ , o professor introduziu duas novas entidades na construção da analogia **M**: (1<sup>a</sup>) o atributo  $A_2$ , que colocou em correspondência a energia de ativação de uma reação química e a nota mínima necessária para aprovação em uma avaliação escolar, (2<sup>a</sup>) o elemento  $E_4$ , que no DA estabelece uma primeira condição de temperatura para a ocorrência de uma reação química hipotética. No DB, o elemento  $E_4$  refere-se a uma hipotética situação de avaliação escolar em que a turma de estudantes foi malsucedida.

A partir dessas duas novas entidades introduzidas nos dois domínios ( $A_2$  e  $E_4$ ), o professor, imediatamente, criou quatro novas relações de ordem superior:  $R_3$ ,  $R_4$ ,  $R_5$  e  $R_6$ . A correspondência  $R_3$  articulou a relação de ordem superior  $R_1$ , que já tinha sido enunciada na construção da analogia **I**, com o atributo  $A_2$  introduzido na construção da analogia **M**. A correspondência  $R_4$  articulou o novo elemento  $E_4$  (primeira prova / primeira condição de temperatura) com a relação  $R_2$  retomada da analogia **I** (a nota média dos estudantes / a energia cinética média das moléculas). A correspondência  $R_5$  foi construída como uma relação entre  $R_4$  e o atributo  $A_2$  (nota mínima necessária para aprovação / energia mínima necessária para ocorrência da reação).

O professor construiu a relação  $R_5$  ao dizer: “***mas a média da turma / ficou bem abaixo / da média / que é a média de aprovação***”. Nesse contexto, diante do gráfico que ele havia desenhado na lousa, o professor estabeleceu uma nova correspondência entre os domínios da analogia ao destacar a pequena quantidade de alunos com nota igual ou superior à nota mínima necessária para a aprovação, no DB. Essa correspondência, codificada como  $R_6$ , articula a relação de segunda ordem  $R_1$ , que trata do desempenho dos estudantes, com o elemento  $E_4$  e o atributo  $A_2$ .

Após o estabelecimento dessas quatro correspondências entre as relações de ordem superior ( $R_3$ ,  $R_4$ ,  $R_5$  e  $R_6$ ), o professor propôs uma nova situação para os dois domínios e com ela introduziu um novo elemento, tanto para o DB, quanto para o DA. Trata-se do elemento  $E_5$ , cujo referente é uma segunda prova aplicada aos estudantes, no DB, e uma nova condição de temperatura do sistema reacional para a ocorrência da reação química, no DA. O professor introduziu esse quinto elemento ao dizer: “***bom / vamos imaginar agora que eu aumentei a temperatura / vamos imaginar então uma nova prova que os alunos fizeram e foram***

**melhor”.**

Ao introduzir o elemento E<sub>5</sub>, o professor pôde articular a relação R<sub>1</sub> (que trata do desempenho dos estudantes), a relação R'<sub>2</sub> (que trata da distribuição das notas dos alunos em torno da média), e o atributo A<sub>2</sub> (que trata da nota mínima necessária para aprovação). Essa nova relação entre R<sub>1</sub>, R'<sub>2</sub>, A<sub>2</sub> e E<sub>5</sub> foi codificada como R<sub>7</sub> no mapeamento que fizemos e está vinculada ao seguinte trecho da transcrição verbal situada no início da seção 5.2.9 deste capítulo: **“eu ainda tenho alunos que tiram nota baixa / mas é bem menor do que antes”.**

Outra correspondência, que nós codificamos como R<sub>8</sub>, foi estabelecida, logo em seguida, pelo professor, quando ele disse: **“mas a média da turma / a média da turma / é essa aqui oh / essa é a energia cinética média / na temperatura 2 / essa aqui é na temperatura 1”.** Essa oitava relação de ordem superior apresenta argumentos semelhantes àquela que nós codificamos como R<sub>4</sub>: enquanto R<sub>4</sub> relaciona a relação de ordem superior R<sub>2</sub> com o elemento E<sub>4</sub>, a R<sub>8</sub> se refere a uma relação entre R<sub>2</sub> (que foi retomada da analogia **I**), com o elemento E<sub>5</sub> que foi introduzido pelo professor durante a construção da analogia **M**.

Finalizando a construção da analogia **M**, o professor se dirigiu aos estudantes por meio de uma pergunta retórica, similar a uma afirmação, que fazia referência ao DB: **“só que a média da aprovação muda de uma prova pra outra?”.** O próprio professor imediatamente respondeu a esta pergunta ao apresentar a relação r<sub>3</sub>. A partir desse instante, ele falou sobre as consequências do aumento da temperatura na cinética de uma reação química. Neste contexto, referindo-se somente ao domínio alvo da comparação, o professor estabeleceu a nona relação de ordem superior (R<sub>9</sub>) que articulou as relações de ordem superior R<sub>7</sub> e R<sub>8</sub>, com a relação de primeira ordem r<sub>3</sub>.

O final da analogia **M** sugere que o professor começou a estabelecer uma décima relação de ordem superior no DA que pudemos mapear a partir da seguinte paráfrase: *o aumento da quantidade de moléculas com energia cinética igual ou superior à energia de ativação (decorrente do aumento da temperatura do sistema reacional) aumenta a velocidade da reação química.* Essa décima relação não gerou uma correspondência, tendo em vista que nós não encontramos a elaboração de argumentos correspondentes no DB. A ausência dessa correspondência, a nosso ver, não comprometeu a construção da analogia **M**.

Tendo em vista a grande quantidade de relações colocadas em correspondência pelo professor (três de primeira ordem e nove de ordem superior) não tivemos dúvidas em identificar o foco da comparação **M** como inegavelmente relacional. Ademais, nossa análise revelou que a analogia **M** é estruturalmente consistente, na medida em que foi possível identificar a conectividade em paralelo entre as entidades mapeadas no interior de cada relação construída, e a

correspondência “um a um” entre DB e DA. Verificamos também que ela é sistemática, pois envolveu a construção de várias relações de ordem superior capazes de conectar as relações enunciadas pelo professor.

Como já evidenciamos, a analogia **M** começou com a retomada de elementos, atributos e relações da analogia **I**. Ao longo de **M**, aos poucos, o professor foi incorporando novos argumentos ao DB e ao DA. Quando ele disse “*poucas moléculas estão com notas mais baixas / poucas estão com notas mais... altas*”, ele claramente vinculou um elemento do DA a um atributo do DB. De um ponto de vista formal, essa mistura entre argumentos dos dois domínios, provavelmente inconsciente, poderia ser considerada como uma falha de consistência estrutural. No contexto da interação, todavia, é plausível especular que a mistura não tenha prejudicado a comparação, sendo possível, inclusive, que ela nem tenha sido percebida pelos estudantes.

A estrutura relacional comum da analogia **M** foi deduzida a partir do mapeamento elaborado no quadro 32. A partir da última relação de ordem superior mapeada ( $R_9$ ), nós elaboramos a primeira expressão de concatenamento que constitui a estrutura relacional comum da analogia **M** (figura 15). Considerando outras relações de ordem superior, também importantes em **M**, nós concebemos as expressões seguintes.

**Figura 15** – Estrutural relacional comum da analogia **M**.

(1ª expressão) –  $R_9 \{R_8 [R_2 (r_1, r_2), E_5], R_7 [R_1 (r_2, A_1), R'_2 (r_1, r_2), A_2, E_5], r_3 (A_2, E_5)\}$   
 (2ª expressão) –  $R_6 [R_1 (r_2, A_1), E_4, A_2]$   
 (3ª expressão) –  $R_5 \{R_4 [R_2 (r_1, r_2), E_4], A_2\}$   
 (4ª expressão) –  $R_3 [R_1 (r_2, A_1), A_2]$

**Fonte:** Elaborada pelo autor.

Na estrutura relacional da analogia **M**, que é apresentada na figura 15, nós omitimos as relações de primeira ordem construídas na analogia **I**. As expressões de concatenamento completas que constituem a estrutura relacional comum de **M** estão reproduzidas no apêndice D. Nesse mesmo apêndice nós apresentamos as estruturas relacionais das outras analogias mapeadas na seção 5.2 deste capítulo.

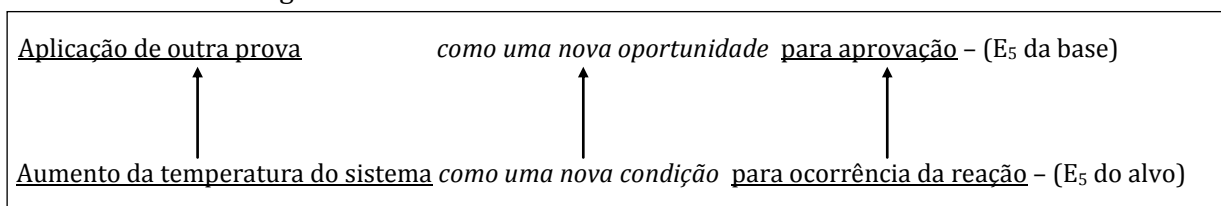
A análise das expressões de concatenamento que compõem a estrutura relacional comum da analogia **M** torna evidente três considerações importantes que já havíamos feitos ao discutir os detalhes apresentados no quadro 32: (1ª) o atributo  $A_2$ , referente a introdução do conceito de energia de ativação de uma reação química em correspondência a uma nota mínima para aprovação em uma avaliação escolar, está presente no interior das quatro expressões de

concatenamento da estrutura relacional comum dessa analogia, o que evidencia a sua importância na construção da comparação; (2ª) a primeira relação de ordem superior em correspondência, que já tinha sido construída pelo professor na analogia **I** e retomada na construção da analogia **M** compõe três dessas quatro expressões; (3ª) a relação  $R_2$  também foi importante para a construção dessa analogia, pois ela está presente no interior de duas expressões.

A respeito das múltiplas restrições enunciadas por Holyoak & Thagard (1989), chegamos à conclusão de que, da mesma forma como ocorreu com a analogia **I**, a analogia **M** atende às condições básicas de isomorfismo estrutural na medida em que: 1º\_ cada elemento do seu domínio alvo (moléculas / energia cinética / sistema reacional) corresponde a somente um elemento do domínio base (alunos / notas / prova); 2º\_ não há dois ou mais elementos do domínio alvo que correspondam a um mesmo elemento do domínio base. Assim, por exemplo, a média da energia cinética das moléculas em um sistema reacional corresponde única e exclusivamente à média entre as notas obtidas por estudantes em uma prova, seja na primeira condição de temperatura (na primeira prova aplicada) ou na segunda condição (na segunda prova aplicada).

A princípio, pode parecer que a temperatura é um atributo do sistema reacional sem correspondente em atributos do domínio base escolhido pelo professor. Ele, entretanto, conseguiu estabelecer tal correspondência. Por meio da analogia **I**, o professor já havia compartilhado com os estudantes a ideia de que a temperatura era uma medida que estava relacionada à energia cinética média das moléculas. Ademais, a energia cinética média das moléculas foi colocada em correspondência com a nota média obtida por estudantes em uma prova. Essa correspondência específica foi reiterada pelo professor, durante a analogia **M**, quando ele disse: “*vamos imaginar agora que eu aumentei a temperatura / vamos imaginar então uma nova prova que os alunos fizeram e foram melhor*”. Pudemos verificar o isomorfismo dessa correspondência por meio dos textos que nós elaboramos ao mapear o elemento  $E_5$  do quadro 32. A explicitação desse isomorfismo deu origem à figura 16 apresentada a seguir.

**Figura 16** – Isomorfismo entre os textos que descrevem a correspondência do quinto elemento introduzido na analogia **M**.



Fonte: Elaborada pelo autor.

A similaridade semântica entre os três primeiros elementos de cada domínio que constituem as relações básicas da analogia **M** já foi destacada na análise que fizemos da construção da analogia **I**. Vimos que tal condição foi fundamental para garantir a plausibilidade da escolha da distribuição de notas obtidas por estudantes em torno de uma média como um domínio base pertinente à construção daquela analogia.

Tratando agora das especificidades da construção da analogia **M**, destacamos a similaridade semântica entre as relações  $R_7$ ,  $R_8$ ,  $r_3$  e  $R_9$ . Para tanto, devemos primeiro considerar uma ressalva feita pelo professor que julgamos ter sido fundamental para a garantia dessa similaridade. No instante em que o professor propôs aos estudantes que considerassem uma segunda prova como sendo correspondente ao aumento da temperatura do sistema reacional, ele condicionou a situação proposta no DB ao dizer “*uma nova prova que os alunos fizeram e foram melhor*”. Essa condição imposta pelo professor certamente foi fundamental para que as consequências deduzidas e enunciadas por ele a respeito do DB da analogia se tornassem semanticamente semelhantes às consequências do aumento da temperatura sobre a distribuição da energia cinética das moléculas no sistema reacional e sobre a cinética da reação química. Há que se considerar, a esse respeito, que as relações  $R_7$ ,  $R_8$ ,  $r_3$  e  $R_9$  foram estabelecidas pelo professor somente após a introdução do elemento  $E_5$ .

Há correspondências bem estabelecidas entre: 1- a redução da quantidade de moléculas com energia inferior à energia de ativação e a redução na quantidade de alunos com notas inferiores à nota mínima para aprovação; 2- o aumento da energia cinética média das moléculas e o aumento da nota média dos alunos; 3- o aumento da quantidade de moléculas com energia cinética igual ou superior à energia de ativação e o aumento da quantidade de alunos com notas iguais ou superiores à nota mínima para aprovação; 4- a conservação do valor da energia de ativação necessária a uma reação química e a conservação da nota mínima para aprovação dos estudantes. Todas essas correspondências somente são possíveis por que o professor fez a ressalva citada no parágrafo anterior. Sem esse cuidado, a analogia poderia perder seu sentido e, conseqüentemente, sua chance de ser pedagogicamente efetiva.

As mesmas considerações que acabamos de fazer a respeito das similaridades semânticas entre as relações que compõem a estrutura de **M** também são relevantes para que possamos compreender sua centralidade pragmática. Para tanto, devemos recuperar o propósito do professor com a construção da analogia: tratar do efeito da temperatura sobre a distribuição da energia cinética entre moléculas de um sistema reacional e as consequências de um aumento da temperatura sobre a cinética das reações químicas.



Entendemos que o professor foi coerente com o propósito de **M**, quando ele disse: “*então quando eu mudo a temperatura / eu não só aumento a velocidade / tem um fator a mais / o quê que aumentou? / aumentou muito o número de moléculas / que têm energia cinética igual ou superior à energia de... ativação / e se elas têm energia cinética igual ou maior que a energia de ativação / elas podem... / ((alguns alunos responderam algo que não pudemos escutar)) / e irão reagir*”. Dessa forma, ele terminou a construção da analogia **M**.

## 5.4 - ANÁLISE MULTIMODAL DAS ANALOGIAS I & M












### 5.4.1 - INTENÇÃO RETÓRICA NAS ANALOGIAS I & M

A intenção retórica que atribuímos ao professor na construção da analogia **I** foi a de associar a temperatura de um material ou substância com a energia cinética média de seus átomos ou moléculas. Na seção 5.3, essa intenção retórica foi identificada como o aspecto pragmático da analogia, tal como esse aspecto é concebido pela teoria das múltiplas restrições apresentada no capítulo 3 desta tese. Consideramos que o mesmo vínculo entre o aspecto pragmático de uma analogia e a intenção retórica daquele que a utiliza como estratégia discursiva pode ser estabelecido em toda e qualquer situação, o que nos levou a afirmar que a intenção do professor na construção da analogia **M** era discorrer sobre o efeito das variações de temperatura na cinética das reações químicas.

### 5.4.2 - TRANSCRIÇÃO MULTIMODAL DOS EPISÓDIOS DAS ANALOGIAS I E M

Os quadros 35 e 36 a seguir apresentam as transcrições multimodais que realizamos para os episódios que envolveram a construção das analogias **I** e **M**. Essas transcrições seguiram os padrões apresentados nas seções 4.3.1, 4.3.3 e 4.3.6, e desempenharam em nossa pesquisa uma função heurística fundamental na medida em que permitiram a identificação dos diversos modos orquestrados pelo professor na construção das analogias em sala de aula.

#### Quadro 35– Transcrição Multimodal da construção da analogia **I**.

1	((120'57")) [...] a temperatura / muitos acham que mede o calor / a temperatura não mede o calor! / {  1a  -----   1b ----- }
2	a temperatura mede o estado de agitação do sistema / {-----   2a ----- }
3	a temperatura tá relacionada com a energia cinética média / (1s) {  3a ----- ~~~~~   3b* -.-. }
4	porque as moléculas / mais ou menos / a gente pode pensar estatisticamente / {-----   4a ----- -----   4b ----- ~~~~~   4c /***** -.-. }
5	é que nem aluno no dia de prova / (1s) / tem moléculas que são rápidas / (1s) /  5a  ~~~~~   5b  -.- } {~~~~~   5c /*** -.- }
6	como tem muitos alunos que tiram notas boas nas provas / mas tem moléculas que são lentas /

7	{ ~~~~~    6a /***** _._._ } { ~~~~~    6b  _._ }
	<b>como tem alunos que tiram notas mais baixas nas provas / (2s) /</b>
8	7a    7b   ~~~~~    7c /***** _._._ }
	<b>ou todos alunos terão a mesma nota nas provas? / ((alguns alunos riem baixo)) /</b>
9	{ ~~~~~    8a *****/***** _._._ }
	<b>as moléculas não têm a mesma velocidade / as moléculas não se movimentam da mesma maneira / (1s)</b>
10	{ -----    9a -----    9b ----- }
	<b>então/ a temperatura/ ela está relacionada/ com aquilo que nós chamamos de energia cinética média</b>
	{  10a   -----    10b -----    10c ----- }

Fonte: Quadro produzido pelo autor.

**Quadro 36- Transcrição Multimodal da construção da analogia M.**

1	((130'07")) pra vocês entenderem / o que tá acontecendo / ((o professor apaga o quadro enquanto fala))
	{ -----    1a ----- }
2	eu preciso mostrar um gráfico um pouquinho diferente/ o gráfico aqui / é relacionar da seguinte maneira /
	----- } { -----    2a ----- }
3	é um gráfico onde eu tenho /o valor da energia cinética / vamos pensar assim / pode ser entalpia / e aqui /
	----- } { -----    3a -----    3b ----- }
4	o número de partículas que têm essa energia / (5s) / quando eu pego /
	-----    4a ----- } {  4b ----- } { ~~~~~    4c /**
5	um material que está a uma certa temperatura / o gráfico / mais ou menos /
	***** _._._ } { -----    5a ----- }
6	tem essa característica aqui oh (8s) / vejam /
	----- } { -----    6a ----- } { -----    6b ----- /  6c ----- }
7	essa curva que tem a forma de sino / (1s) / né / parece um sino / (2s) /
	{  7a   ~~~~~    7b /*****  ~~~~~    7c /***** _._._ }
8	é uma curva que a gente chama Gauss /Gauss foi quem estudou muito essa distribuição / (1s) /
	{  8a ~~~~~    8b /***** _._._ }
9	((M - 131'04")) isso acontece nas provas também /quando vocês fazem provas /
	{ -----    9a ----- }
10	vocês vão ter alunos que tiraram notas menores /
	10a ~~~~~    10b ***
11	tem alunos que tiraram notas maiores / mas a maioria dos alunos estão na média /
	~~~~~    11a **  ~~~~~    11b **/***** _._._ }
12	se a gente for ver a média da energia aqui oh / essa aqui seria a energia cinética média /
	{ -----    12a ----- }
13	é aonde eu tenho a maioria das moléculas/ (1s) / o grande número de moléculas está próximo da média /
	{ ~~~~~    13a *****/*****   13b *****
14	um pouquinho antes / um pouquinho depois / (1s) / poucas moléculas estão com notas mais baixas /
	14a /*****   14b /*****  ~~~~~    14c *****
15	poucas estão com notas mais altas /mas a maioria tá muito próxima (3s) / só / que pra reagir /
	~~~~~    15a /***** _._._    15b /***** _._._ } { -----    15c ----- }
16	não é a energia cinética média / o quê que é / qual é a energia que é necessária pra reagir? / (2s) /
	~~~~~    16a  _._._ } { -----    16b ----- }
17	qual o nome que nós damos à energia necessária pra reagir?/[Alunos: energia de ativação]
	----- }
18	energia de ativação/ ((ele destaca a resposta correta à pergunta enquanto caminha em direção ao gráfico))
	{  18a ----- }
19	então quando a gente olha a energia de ativação / vamos imaginar que nesse caso /

20	<i>a energia de ativação seja essa aqui oh/ (1s) / significa / que só essas moléculas que estão pra cá /</i>
21	<i>podem reagir / por que que essas moléculas podem reagir?/ (3s) /</i>
22	<i>porque essas moléculas têm energia igual / ou superior à energia de... ativação (3s) / tá claro isso? /</i>
23	<i>de todas essas moléculas / só essas podem reagir / imagine o seguinte / imagine a seguinte situação /</i>
24	<i>nós fizemos uma prova / aqui na sala / (2s) / mas os alunos não tiveram um bom resultado / (1s) /</i>
25	<i>a média da turma é essa aqui / mas a média / que é considerada pra aprovação / é essa daqui /</i>
26	<i>então só esses alunos daqui / que estão com nota igual ou superior à média / os sessenta por cento / (1s) /</i>
27	<i>tá claro? / mas a média da turma / ficou bem abaixo / da média / que é a média de aprovação / (3s) /</i>
28	<i>bom / vamos imaginar agora que eu aumentei a temperatura /</i>
29	<i>vamos imaginar então uma nova prova que os alunos fizeram e foram melhor / (1s) /</i>
30	<i>então o que acontece / então eu tenho aqui uma temperatura 1 / e estou imaginando uma temperatura 1 /</i>
31	<i>menor que uma temperatura 2 / então agora eu vou pegar essa mesma curva / essa mesma distribuição /</i>
32	<i>pra uma temperatura maior / quando eu tenho uma temperatura maior / eu vou pôr em vermelho / (3s) /</i>
33	<i>eu vou ter essa situação aqui oh (5s) / olha o que acontece /</i>
34	<i>eu ainda tenho alunos que tiram nota baixa / (2s) / mas é bem menor do que antes /</i>
35	<i>mas a média da turma / a média da turma / é essa aqui oh / essa é a energia cinética média /</i>
36	<i>na temperatura 2 / essa aqui é na temperatura 1 / aqui eu tenho a temperatura 2 / (5s) /</i>
37	<i>só que a média da aprovação muda de uma prova pra outra? / (2s) a energia de ativação de uma reação /</i>
38	<i>é fixa / a energia de ativação ainda continua sendo essa / ( 1s ) / então agora nessa nova temperatura /</i>
39	<i>quais moléculas é que podem reagir? (1s) / ora / são as moléculas que têm energia igual /</i>
40	<i>ou superior à energia de ativação / que não muda / isso aqui é fixo / não muda com a temperatura /</i>
41	<i>então todas essas moléculas aqui / toda essa região que eu vou marcar aqui de verde /</i>
42	<i>tem as moléculas que podem reagir/ (3s) / então quando eu mudo a temperatura /</i>
43	<i>eu não só aumento a velocidade / tem um fator a mais / o quê que aumentou? /</i>

	~~~~~/**** ----- ~~~~~****/**** --- ~~~~~ ----- }
44	<i>aumentou muito o número de moléculas/ que têm energia cinética igual ou superior à energia de ativação/</i> {~~~~~/***** /***** ----- }.
45	<i>e se elas têm energia cinética igual ou maior que a energia de ativação /</i> {~~~~~/***** ~~~~~
46	<i>elas podem... ((alguns alunos respondem algo que não podemos escutar)) e irão reagir / (3s) / por isso /</i> ~~~~~ /**** --- {~~~~~
47	<i>a velocidade que eu vou ter aqui na temperatura T2 / vai ser muito maior /</i> ~~~~~/*****
48	<i>que a velocidade que eu tinha na temperatura... T1 / vocês estão entendendo o fenômeno? ((135'37"))</i> ~~~~~/***** {~~~~~/***** ----- }



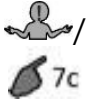






Fonte: Quadro produzido pelo autor.

### 5.4.3 - DESCRIÇÕES DOS MODOS USADOS PELO PROFESSOR NAS ANALOGIAS I & M

O quadro 37 a seguir apresenta descrições de modos de comunicação usados pelo professor durante a analogia I. Para cada modo identificado e transcrito, consideramos relevante apresentar o domínio (base ou alvo) e a correspondência estabelecida pelo professor por meio da orquestração dos modos de comunicação. Os ícones apresentados e descritos nesse quadro são os mesmos já usados na transcrição multimodal apresentada na seção 5.4.2 deste capítulo.

Quadro 37– Descrição dos múltiplos modos envolvidos na construção da analogia I.


















ÍCONE	DESCRIÇÃO DOS MODOS ORQUESTRADOS	DOMÍNIO	CORRESP.
	Após ter dito que a temperatura está relacionada com a energia cinética média das moléculas e enquanto se desloca na frente da sala, o professor muda sua postura corporal (4a), interrompe seu movimento (proxêmica 4b) e, por meio de um gesto pragmático performativo (4c), convida a turma a pensar sobre a comparação apresentada verbalmente. Em seguida, parado em frente aos alunos, ele move sua cabeça para um lado e para o outro (5a), de forma a olhar para toda a turma. Imediatamente depois, ele faz um gesto pragmático de modalização (5b) e assim conclui o estabelecimento da correspondência entre os elementos E <sub>1</sub> dos dois domínios que havia sido iniciada durante a execução do gesto 4a. O gesto 5b foi executado da seguinte maneira: com o braço esquerdo flexionado e disposto a frente do seu torso, o professor balança repetidas vezes a mão aberta, para cima e para baixo, mantendo a palma da mão voltada para cima. O golpe desse gesto coincide com a referência verbal ao elemento E <sub>3</sub> do DB.	DA	r <sub>1</sub> (E <sub>2</sub> ,E <sub>1</sub> ,E <sub>3</sub> )
		DB	r <sub>1</sub> (E <sub>2</sub> ,E <sub>1</sub> ,E <sub>3</sub> )
	Ao se referir ao atributo A <sub>1</sub> no DA, o professor repetiu o gesto pragmático de modalização 5b e executou um novo gesto (5c). O mesmo gesto foi repetido pela terceira vez quando o professor mencionou a existência de alunos com boas notas nas provas (6a). O golpe desse gesto ocorreu no instante em que o professor citou o adjetivo que qualifica as notas dos estudantes (atributo A <sub>1</sub> do DB).	DA	A <sub>1</sub> (E <sub>2</sub> )
		DB	
		O professor repete o gesto pragmático de modalização 5b, 5c e 6a pela quarta vez ao executar o gesto 6b em sincronia com a	DA





















 7a	referência verbal ao atributo $A_1$ do DA. Depois de mover a cabeça (7a) e olhar para toda a sala de aula, o professor repetiu o gesto pragmático de modalização pela quinta vez para se referir à existência de alunos com notas baixas. O golpe desse novo gesto, indicado pelo ícone 7b coincide com a elocução da palavra alunos. Pela sexta e última vez, enquanto menciona verbalmente o atributo “mais baixas”, que se refere ao elemento “notas” do DB, o gesto pragmático de modalização é repetido. Dessa última vez, contudo, como o professor executa o gesto sobre uma região específica do quadro inscrito na lousa, o gesto também desempenha uma função referencial dêitica. A dupla função do gesto foi indicada pela associação de ícones identificada na transcrição como 7c.	DB	
 7b			
 7c			
 8a	O gesto pragmático de modalização 8a foi diferente dos gestos de mesma função descritos na linha anterior. Enquanto o professor fazia uma pergunta retórica a respeito do desempenho de estudantes em provas, ele ergueu sua mão esquerda até a cabeça, coçou sua testa e, em seguida, levou essa mão até a nuca sustentando o golpe. Entendemos que esse gesto foi executado com a intenção de sinalizar um questionamento dirigido aos estudantes.	DB	$r_2(E_1, E_2, E_3)$
 9a	Permanecendo parado, o professor move a cabeça rapidamente para ambos os lados, sinalizando uma negação. Essa movimentação com a cabeça ocorreu nos dois instantes em que ele disse a palavra “não” e essa é a razão pela qual introduzimos dois ícones 9a e 9b na transcrição. Por meio desse movimento com a cabeça, o professor reitera a correspondência da segunda relação de primeira ordem, $r_2$ , para assim construir a relação $R_1$ .	DA	$R_1(r_2, A_1)$
 9b			
 10a	O professor se volta para o quadro (10a) e caminha em sua direção (10b), enquanto termina de associar verbalmente a temperatura com a energia cinética média das moléculas. Ao chegar no quadro ele registra essa associação na lousa, constrói a relação $R_2$ no DA e finaliza a analogia I.	DA	$R_2(r_1, r_2)$
 10b			
 10c			

















Fonte: Quadro produzido pelo autor.

O quadro 38 a seguir possui a mesma estrutura do quadro anterior e foi concebido para que pudéssemos descrever modos de comunicação usados pelo professor durante a construção da analogia **M**. Mais uma vez, a numeração dos ícones dispostos na primeira e na segunda coluna do quadro acompanha aquela que compõe a transcrição multimodal do episódio apresentada na seção 5.4.2 deste capítulo.
















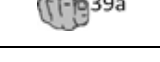
**Quadro 38**– Descrição dos múltiplos modos envolvidos na construção da analogia **M**.






















ÍCONE	DESCRIÇÃO DOS MODOS ORQUESTRADOS	DOMÍNIO	CORRESP.
	Após ter feito uma comparação de mera aparência a respeito da forma da curva gaussiana desenhada no quadro (vide comparação L), o professor se afasta da lousa para falar sobre o gráfico (9a). Em seguida, ele se desloca novamente para introduzir junto a seus alunos a analogia <b>M</b> . Ao fazer a primeira referência ao DB da analogia, o professor se aproxima do gráfico (10a) desenhado no quadro para então executar um gesto referencial dêitico (10b) e com ele indicar a região do gráfico correspondente às menores notas. Com o mesmo tipo de gesto, o professor indica duas outras regiões importantes da curva: a região correspondente às maiores notas (11a) e aquela associada à nota média (11b). A preparação desse último gesto envolve a elevação da mão do professor até o pico da curva, enquanto o golpe coincide com o deslocamento da mão de cima para baixo, o que permite ao professor assinalar toda a região central do gráfico.	DB	$E_1$ e $E_3$ $R_1(r_2, A_1)$
			
			
			$R'_2(r_1, r_2)$
			
	Logo após ter feito o gesto dêitico 11b, o professor inicia uma inscrição no quadro (desenha um segmento de reta pontilhado, na vertical), na mesma região em que havia realizado o golpe do gesto. A inscrição indica o valor da energia cinética média das moléculas em um sistema reacional.	DA	$R_2(r_1, r_2)$
	O gesto 13a é mecanicamente idêntico ao 11b, mas seu referente é energia cinética média das moléculas. Nesse último, o referente era a nota média dos alunos. O gesto 13a é repetido pelo professor e dá origem ao gesto 13b. Os gestos dêiticos 14a e 14b também foram executados durante a interação com o gráfico e estão relacionados aos gestos 10b e 11a. Os pares de gestos 10b/14a e 11a/14b possuem o mesmo significado, ora se referindo ao DB, ora se referindo ao DA. Os gestos 14c e 15a foram executados com o propósito de enfatizar os gestos 14a e 14b, em orquestração com a fala a respeito das notas baixas e altas dos estudantes nas provas, e com a interação com o gráfico desenhado na lousa.	DA	$R'_2(r_1, r_2)$
			
			
		DB	
			
			
	O professor se volta para os alunos, se afasta do desenho na lousa e executa um gesto com as mãos com dupla função referencial: uma descrição figurativa da forma do gráfico e a identificação do local (função dêitica) onde a maioria das moléculas se encontra, no que diz respeito à energia cinética que elas apresentam.	DA	$R'_2(r_1, r_2)$
	O professor se afasta do quadro (15c), enquanto se refere à energia cinética média das moléculas por meio do gesto dêitico 16a (ele aponta para o segmento de reta pontilhado que ele havia desenhado sobre a gaussiana). Em seguida (16b), ele para, olha para os alunos e verbaliza uma pergunta que lhe permite, a posteriori, introduzir no discurso um novo atributo para o sistema reacional: a energia de ativação.	DA	$A_2(E_3)$
			
			
	O professor gira o corpo e retorna ao quadro (18a) para fazer uma inscrição sobre o gráfico (19a). Ao desenhar um	DA	$A_2(E_3)$


 19a	segundo segmento de reta, ele indica um valor para a energia de ativação da reação química. Feito isso, ele muda, rapidamente, sua postura corporal e volta a olhar alternadamente para os estudantes e para o gráfico (20a). Essa ação equivale a um gesto dêitico, pois chama a atenção dos estudantes para aquilo que ele acabara de inscrever no quadro. Em seguida (20b), o professor marca no gráfico uma área para identificar o número de moléculas com energia suficiente para reagir.		R <sub>3</sub> (R <sub>1</sub> , A <sub>2</sub> )
 20a			
 20b			
 21a	Ao enunciar uma segunda pergunta, o professor se volta para os estudantes e se aproxima deles. Imediatamente, sem esperar que qualquer estudante respondesse a pergunta por ele formulada, o professor retorna ao quadro (22a) e interage com o gráfico, por meio de gestos referenciais dêiticos (22b e 22c) com os quais ele indica a pequena quantidade de moléculas com energia suficiente para reagir. Em 22d, para indicar seu grau de certeza acerca do que ele estava dizendo, o professor se desloca na frente da sala e realiza um gesto pragmático de modalização com sua mão direita ao completar a enunciação sobre a energia das moléculas.	DA	R <sub>3</sub> (R <sub>1</sub> , A <sub>2</sub> )
 22a		DA	R <sub>3</sub> (R <sub>1</sub> , A <sub>2</sub> )
 22b			
 22c			
 22d			
 23a	O professor retorna ao gráfico (23a). Depois, ele executa um gesto referencial dêitico (23b) com sua mão esquerda aberta situada sobre a região do gráfico onde estão situadas as moléculas que têm energia para reagir com o intuito de reforçar o que ele dissera a pouco.	DA	R <sub>3</sub> (R <sub>1</sub> , A <sub>2</sub> )
 23b			
 23c	A fim de prosseguir com a construção da analogia, o professor se desloca em frente aos alunos (23c) e se afasta do quadro para executar um gesto pragmático performativo (23d), com sua mão direita, sinalizando um convite aos estudantes para imaginarem a aplicação de uma avaliação hipotética cuja narrativa constitui o DB. Então, ao permanecer parado e olhando para os alunos (24a), o professor executa um gesto pragmático de modalização (24d) movimentando a cabeça para ambos os lados e rapidamente projetando sua mão direita aberta para frente, com a intenção de dar continuidade à narrativa sobre a prova hipotética quando ele diz que, na prova, <i>“os alunos não tiveram um bom resultado”</i> .	DB	E <sub>4</sub>
 23d			
 24a			
 24b			
 25a	O professor retorna ao quadro (25a) e indica no gráfico o valor correspondente à nota média (25b) dos estudantes na prova hipotética e a nota mínima (25c) necessária para aprovação. Com esses gestos o professor começa a construir a relação R <sub>5</sub> , no DB.	DB	R <sub>5</sub> (R <sub>4</sub> , A <sub>2</sub> )
 25b			
 25c			
 26a	A relação R <sub>3</sub> do DB foi construída mediante a orquestração da fala com uma sequência de três gestos: 26a, 26b e 26c. O professor realizou um gesto referencial dêitico, mas também, representacional de ação (26a), ao se referir a pequena quantidade de alunos com nota igual ou superior à nota mínima para aprovação. Para pontuar e reiterar sua fala a respeito dos alunos com nota igual ou superior à média de aprovação, o professor executou, com a mão direita, o gesto 26b duas vezes quando ele se referiu às notas. O último gesto representacional de descrição figurativa (26c) teve como referente o valor mínimo necessário para aprovação. Ao executar esse gesto, o	DB	R <sub>3</sub> (R <sub>1</sub> , A <sub>2</sub> )
 26b			
 26c			

	professor levantou as duas mãos com seis dedos em riste para representar a quantidade mencionada.		
	Afastado do quadro, o professor se refere à nota média da turma apontando (27b) para o primeiro segmento de reta correspondente à energia cinética média das moléculas. Em seguida, caminha até o quadro (27c) e aponta (27d) para o segundo segmento de reta correspondente à energia de ativação ao se referir à nota mínima para aprovação. Com esses gestos o professor conclui a construção da relação $R_5$ , no DB.	DB	$R_5(R_4, A_2)$
			
			
	O professor se afasta do quadro (27e). Alguns segundos depois, ele executa um gesto pragmático performativo (28a) levantando sua mão direita aberta em direção ao próprio corpo para convidar os estudantes a imaginar uma nova condição de temperatura (introdução do elemento $E_5$ do DA). Ainda com a mesma mão aberta (28b) o professor prossegue movimentando-a da esquerda para direita com duas breves oscilações. Esse segundo gesto cumpre tanto uma função de partição ao pontuar sua fala, quanto representa uma ação, ao representar a ideia de aumento.	DA	$E_5$
			
			
	O professor introduz uma nova situação no DB (elemento $E_5$ ), correspondente ao aumento da temperatura, orquestrando uma sequência de dois gestos pragmáticos: um com dupla função (performativa e de partição - 29a), semelhante gesto 28a, e outro de partição (29b), semelhante ao 28b; e um terceiro gesto referencial representacional de ação (29c) ao erguer bruscamente sua mão direita aberta, com os dedos juntos e sua palma voltada para baixo, sinalizando uma situação de melhora.	DB	$E_5$
			
			
	O professor se volta para o quadro e caminha até o gráfico (30a). Ele faz inscrições no quadro (30b), escrevendo " $T_1$ " próximo à gaussiana e ainda " $T_1 < T_2$ ", enquanto discursa acerca do papel da temperatura na ocorrência de reações químicas.	DA	$E_5$
			
	O professor se volta para os estudantes, afasta-se do quadro (31a) e, enquanto caminha, faz um gesto com as duas mãos encurvadas, uma de frente para a outra, ao se referir à gaussiana representada no gráfico (31b). O professor retorna ao quadro (32a), altera sua postura corporal e desenha (32b) uma segunda curva gaussiana deslocada para a direita em relação àquela que havia desenhado inicialmente (conforme mostrado na figura 11).	DA	$E_5$
			
			
			
	Em um movimento rápido, o professor gira seu tronco e sua cabeça e olha para os estudantes. Em seguida volta-se mais uma vez para o quadro. Olhando para o quadro e de costas para os estudantes (33a), o professor chama a atenção dos alunos para a curva que representa a distribuição de energia cinética em uma nova temperatura. O professor aponta (34a) para a região no gráfico que indica que, na nova temperatura, há uma pequena quantidade de moléculas com energia cinética baixa, mas	DB	$R_7(R_1, R'_2, A_2, E_5)$



	<p>verbalmente ele se refere à redução na quantidade de alunos com notas inferiores à nota mínima de aprovação. Por meio dessa interação com o gráfico, o professor então constrói a relação <math>R_7</math> no DB. No entanto, podemos dizer que a indicação da referida região no gráfico, junto com a referência verbal à distribuição de notas de estudantes, é algo que expressa a correspondência dessa relação <math>R_7</math> entre os dois domínios da analogia.</p>			
	<p>O professor desenha um segmento de reta pontilhado sobre a segunda curva gaussiana (35a) a fim de indicar o valor da energia cinética média das moléculas na condição de temperatura mais alta. Verbalmente, ao iniciar essa inscrição, o professor se refere à nova nota média obtida pelos estudantes. Dessa forma, ele construiu a relação <math>R_8</math> nos dois domínios da analogia.</p>	DB/DA	$R_8(R_2, E_5)$	
	<p>O professor direciona o olhar para os estudantes (36a). Logo em seguida, volta-se novamente para o quadro para inscrever a segunda temperatura (36b). Depois se afasta do quadro em direção aos estudantes (36c).</p>	DA		
				
				
	<p>Afastado do quadro, o professor faz uma pergunta sobre a nota mínima necessária para aprovação em uma prova. Durante essa pergunta ele executa um gesto dêitico (37a) com o dedo em riste se referindo a essa nota que ele havia mencionado anteriormente, e outro de partição (37b) a respeito das duas provas. Dessa forma, ele constrói a relação de primeira ordem <math>r_3</math> no DB.</p>	DB	$r_3(A_2, E_5)$	
				
	<p>Rapidamente o professor olha para o gráfico (37c) e, movimentando sua mão esquerda para cima e para baixo, com os dedos fechados em cacho (37d), pontua sua fala ao se referir verbalmente à energia de ativação da reação. Imediatamente a essa movimentação, ele abre seus dedos com a mão projetada para frente, realizando um gesto pragmático de modalização (38a), finalizando sua enunciação sobre a conservação do valor da energia de ativação. Assim, ele constrói a relação <math>r_3</math>, no DA.</p> <p>O professor retorna ao gráfico (38b) para apontar o segmento de reta (38c) correspondente ao valor da energia de ativação da reação química, que não havia mudado com o aumento da temperatura. Esse gesto possivelmente foi executado para reforçar o que ele havia feito na descrição anterior, reafirmando a relação <math>r_3</math> do DA.</p>	DA	$r_3(A_2, E_5)$	
				
				
				
		DA	$R_9(R_8, R_7, r_3)$	
	<p>O professor rapidamente alterna o olhar entre os estudantes e o gráfico (38d). Ao se referir à nova condição de temperatura, ele executa um gesto dêitico (38e) para distinguir a temperatura <math>T_1</math> e a <math>T_2</math> que estavam indicadas no gráfico. Em seguida, ele faz uma pergunta sobre as moléculas com energia para reagir, orquestrando a fala e a oscilação da mão direita projetada para frente e para o alto, em direção aos alunos, sinalizando uma pergunta por meio de um gesto pragmático de performativo (39a). Dessa forma, ele começa a construir a relação <math>R_9</math> no DA.</p>			
				
				
				

	<p>O professor retorna ao quadro (39b). Em seguida, faz um pequeno traço complementando o segmento de reta correspondente à energia de ativação para a segunda gaussiana (39c). Com uma mão aberta posicionada paralelamente ao segmento de reta que assinala o valor da energia de ativação, ele desloca a mão da esquerda para a direita para localizar as moléculas cuja energia cinética é superior à energia de ativação. Feito isso, ele aponta novamente para o local do gráfico que identifica a energia de ativação (40b) e desenha um pequeno círculo (40c) em torno da sigla Ea (Energia de ativação), enquanto afirma que esse valor é fixo, isto é, que não muda com a variação da temperatura. Durante essa fala, ele se vira para os alunos (40d). Por meio dessa orquestração de fala, gestos e ações o professor constrói a relação R<sub>9</sub> no DA.</p>	DA	R <sub>9</sub> (R <sub>8</sub> , R <sub>7</sub> , r <sub>3</sub> )
			
			
			
			
			
	<p>Com um pincel verde, o professor introduz (41a) vários segmentos horizontais e paralelos no gráfico para cobrir toda a região que corresponde às moléculas cuja energia cinética é igual ou superior à energia de ativação.</p>	DA	R <sub>9</sub> (R <sub>8</sub> , R <sub>7</sub> , r <sub>3</sub> )
	<p>O professor se afasta do quadro (42a) e executa um gesto referencial representacional de ação (42b) com o dedo de uma mão em riste, fazendo uma rotação em torno desse dedo de tal forma a ficar com a palma da mão voltada para cima, em referência a ideia de mudança de temperatura. Em seguida, com o dorso da mão direita voltada para os alunos, o professor a projeta para frente referindo-se verbalmente ao aumento da velocidade da reação, executando outro gesto referencial representacional de ação (43a).</p>	DA	R <sub>9</sub> (R <sub>8</sub> , R <sub>7</sub> , r <sub>3</sub> )
			
			
	<p>O professor caminha novamente até o quadro (44a), aponta (44b) para a região do gráfico que corresponde às moléculas com energia maior que a energia de ativação e, referindo-se verbalmente ao aumento da energia cinética das moléculas, se afasta do quadro e projeta sua mão para frente movimentando-a repetidas vezes por meio de um gesto pragmático de modalização (44c), finalizando a construção da relação R<sub>9</sub> no DA. Esse último gesto contribuiu para mostrar aos estudantes o seu grau de certeza sobre a pertinência dessa relação.</p>	DA	R <sub>9</sub> (R <sub>8</sub> , R <sub>7</sub> , r <sub>3</sub> )
			
			
	<p>O professor retorna ao gráfico (45a), aponta novamente (45b) para o segmento de reta correspondente à energia de ativação, se afasta do quadro (45c) e executa um gesto pragmático de modalização (46a) em cujo golpe ele mantém a mão direita aberta e projetada na direção dos alunos, para compartilhar com esses sujeitos sua certeza de que todas as moléculas com energia superior à energia de ativação irão reagir.</p>	DA	Sem corresp.
			
			
			
	<p>O professor retorna ao gráfico (46b) inscrito no quadro, aponta com a mão aberta para a curva gaussiana correspondente à temperatura T<sub>2</sub> (47a); em seguida faz o mesmo gesto dêitico (48a) ao se referir à temperatura T<sub>1</sub>.</p>	DA	Sem corresp.
			
			
	<p>No final, o professor se afasta do quadro (48b) e executa um gesto com dois dedos abertos em forma de "V"</p>	DA	---



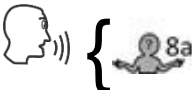




	alternando os lados da mão para frente e para trás, ao perguntar se os alunos estavam entendendo o fenômeno. Esse último gesto (48c) cumpria duas funções: uma performativa e outra de partição.		
-----------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--

Fonte: Quadro produzido pelo autor.

#### 5.4.4 - MAPEAMENTOS MULTIMODAIS DAS ANALOGIAS I & M

Os quadros 39 e 40 a seguir apresentam o que nós chamamos de mapeamento multimodal das analogias **I** e **M**, respectivamente. Esse tipo de mapeamento foi elaborado para destacar os modos usados pelo professor no estabelecimento de correspondências entre elementos, atributos e relações presentes em cada domínio da analogia.

Quadro 39– Mapeamento multimodal das relações em correspondência na analogia **I**.

MODOS UTILIZADOS NO DOMÍNIO BASE	CORRESPONDÊNCIAS	MODOS UTILIZADOS NO DOMÍNIO ALVO
	$r_1 (E_2, E_1, E_3)$	
	$r_2 (E_1, E_2, E_3)$	
	$R_1 (r_2, A_1)$	
-	$R_2 (r_1, r_2)$	


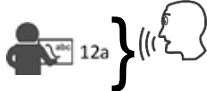
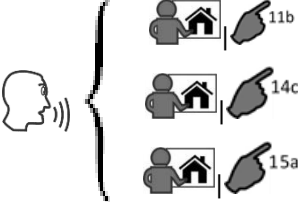
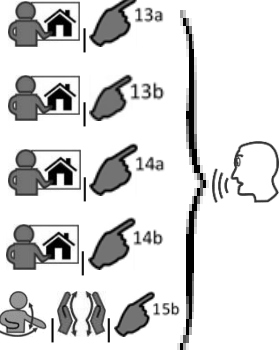

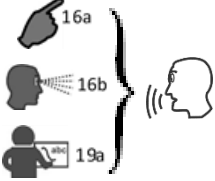
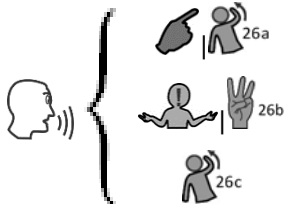
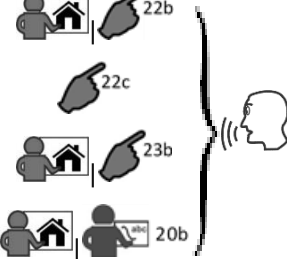

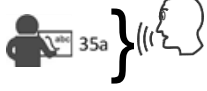

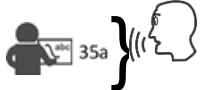
Fonte: Quadro produzido pelo autor.

O quadro 39 apresenta modos de comunicação utilizados pelo professor para construir a analogia **I**. Entre os treze modos mapeados nesse quadro, que foram orquestrados com o modo verbal oral, há uma predominância dos gestos com função pragmática de modalização. A construção da analogia **I** não foi mediada por inscrições e nem pela interação com qualquer imagem projetada ou desenhada sobre a lousa. O estabelecimento das correspondências entre as relações construídas em cada domínio envolveu a orquestração do modo verbal oral com gestos pragmáticos. O quadro 39 também mostra que a relação de segunda ordem  $R_2$  foi construída e comunicada apenas no domínio alvo, permanecendo implícita no domínio base.

O quadro 40 a seguir se refere aos múltiplos modos de comunicação usados durante a construção da analogia **M**. Esse quadro mostra como a relação  $R_2$ , que na analogia **I** foi construída

e comunicada apenas no DA, foi retomada e reconstruída em ambos os domínios em **M**. Nessa retomada a relação  $R'_2$  foi estabelecida por meio da orquestração de vários modos de comunicação, com predominância do modo gestual dêitico e do modo interação com imagens.

**Quadro 40**– Mapeamento multimodal das relações em correspondência na analogia **M**.

MODOS UTILIZADOS NO DOMÍNIO BASE	CORRESPONDÊNCIAS	MODOS UTILIZADOS NO DOMÍNIO ALVO
	$R_1 (r_2, A_1)$	<p>---</p>
<p>---</p>	$R_2 (r_1, r_2)$	
	$R'_2 (r_1, r_2)$	
	$A_2 (E_3)$	
	$R_3 (R_1, A_2)$	
	$R_4 (R_2, E_4)$	
	$R_5 (R_4, A_2)$	
<p>---</p>	$R_6 (R_1, E_4, A_2)$	<p>---</p>

	$E_5$	
	$R_7 (R_1, R'_2, A_2, E_5)$	---
	$R_8 (R_2, E_5)$	
	$r_3 (A_2, E_5)$	
---	$R_9 (R_8, R_7, r_3)$	

Fonte: Quadro produzido pelo autor.

Ao elaborar o mapeamento multimodal apresentado no quadro 40, nós percebemos que nem todas as relações colocadas em correspondência na analogia **M** foram explicitamente enunciadas pelo professor. Esse é o caso da relação de ordem superior  $R_6$ , que trata da reduzida quantidade de moléculas com energia cinética igual ou superior à energia de ativação na primeira condição de temperatura caracterizada pelo professor. Percebemos também que algumas relações foram explicitadas somente em um dos dois domínios. As relações  $R_1$  e  $R_7$  foram enunciadas apenas no domínio base, enquanto  $R_2$  e  $R_9$  foram enunciadas apenas no domínio alvo.

Diferentemente do que observamos por meio do mapeamento multimodal da analogia **I** no quadro 39, podemos constatar, por meio do quadro 40, que tanto a introdução dos novos

elementos e atributos, quanto a construção das novas relações de ordem superior na analogia **M** envolveram a orquestração de múltiplos modos de comunicação. O mapeamento multimodal dessa analogia evidencia a recorrência de determinados modos. O quadro 41 permite comparar as duas analogias que nós analisamos quanto a frequência que determinados modos acionais e gestuais foram usados pelo professor, em orquestração com o modo verbal oral.

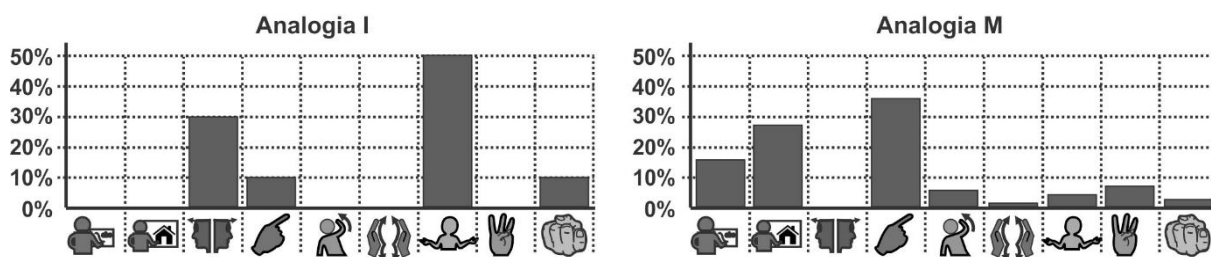
**Quadro 41**– Número de vezes em que o professor utilizou modos gestuais e acionais na construção das analogias **I** e **M**.

MODOS ORQUESTRADOS		ANALOGIA I	ANALOGIA M
<i>Inscrição na lousa</i>		0	11
<i>Interação com imagens</i>		0	19
<i>Movimentação da cabeça</i>		3	0
<i>Gestos referenciais dêiticos</i>		1	25
<i>Gestos referenciais representacionais</i>	<i>de modelagem</i>	0	0
	<i>de ação</i>	0	4
	<i>de descrição figurativa</i>	0	1
<i>Gestos pragmáticos</i>	<i>de modalização</i>	5	3
	<i>de partição</i>	0	5
	<i>performativos</i>	1	2
<i>Total</i>		10 em 51s	70 em 4'33s
<i>Frequência</i>		≅ 1 a cada 5 s	≅ 1 a cada 4 s

Fonte: Quadro produzido pelo autor.

Nos gráficos da figura 17 a seguir, nós reorganizamos os dados apresentados no quadro 41 com o intuito de explicitar melhor as diferenças entre os recursos expressivos usados pelo professor nos dois episódios.

**Figura 17** – Frequência percentual de ocorrências de modos gestuais e acionais empregados nas analogias **I** e **M**.



Fonte: Elaborada pelo nosso grupo de pesquisa – MPEC.

Ao analisar os gráficos da figura 17, nós podemos constatar que a principal diferença entre as analogias **I** e **M** não está na frequência de utilização dos modos de comunicação gestuais e acionais, que a última linha do quadro 41 já mostrava ser similar. A diferença que fica evidente diz respeito à diversidade dos tipos de gestos e ações utilizadas pelo professor.

Enquanto a construção da analogia **I** envolveu a orquestração da fala com quatro tipos de modos acionais e gestuais, na construção da analogia **M** encontramos uma diversidade de gestos e ações duas vezes maior. Essa maior diversidade de modos empregados provavelmente decorre da maior complexidade estrutura relacional comum dessa analogia (conforme a figura 15), da especialização funcional dos modos de comunicação utilizados, bem como dos fatores pragmáticos que levaram o professor a construir as correspondências que constituem cada uma das analogias aqui analisadas.

#### **5.4.5 - ORQUESTRAÇÃO MULTIMODAL NA CONSTRUÇÃO DA ANALOGIAS I & M**

As transcrições multimodais que realizamos dos episódios nos quais o professor construiu as analogias **I** e **M**, assim como as descrições dos múltiplos modos e os mapeamentos multimodais, nos permitiram compreender os processos de comunicação que mediaram a construção dessas analogias.

##### **ANALOGIA I**

De acordo com o quadro 18, analogia **I** foi construída durante um episódio que durou 51 segundos. Durante esse episódio, o professor orquestrou a fala com sete gestos pragmáticos, um gesto referencial, e várias movimentações com a cabeça. As mudanças de postura corporal e a movimentação proxêmica ocorreram somente no início e no final do episódio.

A construção da analogia **I** foi marcada pela orquestração entre o modo verbal oral e os modos gestuais com funções pragmáticas de modalização. O mapeamento multimodal dessa analogia que apresentamos no quadro 39 evidencia a presença e a relevância dos gestos pragmáticos de modalização no estabelecimento das correspondências entre as relações que compõem a estrutura relacional comum, principalmente na construção das relações  $r_2$  e  $R_1$ .

A centralidade dada pelo professor aos modos gestuais pragmáticos durante a construção da analogia **I**, provavelmente, está relacionada com o aspecto pragmático dessa comparação (ver seção 5.3) e a intenção retórica que nós atribuímos a essa analogia. Como já dissemos, ao construir a analogia **I**, o professor pretendia associar a temperatura de um sistema com a energia cinética média de suas partículas. As correspondências entre notas de estudantes

em uma avaliação escolar e valores de energia cinética de moléculas em um sistema reacional foram estabelecidas por meio dos primeiros modos semióticos descritos no quadro 37.

A fim de exemplificar a função desempenhada pelos gestos pragmáticos de modalização executados pelo professor na construção da analogia **I**, destacamos o gesto 8a. O professor realizou esse gesto ao enunciar a seguinte pergunta: *todos alunos terão a mesma nota nas provas?* Como descrevemos no quadro 37, enquanto o professor fazia essa pergunta, ele ergueu sua mão esquerda até a cabeça, coçou sua testa e, em seguida, levou essa mão até a nuca sustentando esse golpe gestual. Entendemos que esse gesto foi executado com a intenção de marcar e enfatizar o questionamento dirigido aos estudantes, para o qual, tanto o professor, quanto os alunos, aparentemente, já sabiam a resposta. O conhecimento da resposta é o que, provavelmente, explica a reação dos estudantes que riram diante da pergunta.

As ações que seguiram esse gesto foram executadas em orquestração com uma fala centrada no domínio alvo da analogia. Ou seja, a enunciação não fez referência direta à pergunta recém apresentada, mas sim aos diferentes graus de agitação das moléculas no sistema. Com as ações realizadas, ele poderia ter expressado o seu grau de concordância a respeito do desempenho dos estudantes em provas, mas não o fez. O professor movimentou sua cabeça para ambos os lados sinalizando seu grau de concordância sobre aquilo que ele estava dizendo a respeito dos movimentos das moléculas. Entendemos que o professor agiu dessa forma, provavelmente, por ter considerado que o seu propósito com a analogia foi alcançado com a reação dos estudantes à pergunta que ele apresentara.

### **ANALOGIA M**

A analogia **M** foi construída durante 4 minutos e 33 segundos. Ao construir essa analogia, o professor orquestrou o modo verbal oral com gestos referenciais, gestos pragmáticos, comportamentos proxêmicos, inscrições no quadro, interações com as inscrições, mudanças de postura corporal, movimentações com a cabeça e mudanças no direcionamento do olhar.

A construção da analogia **M** ocorreu em três fases distintas. A 1ª fase é composta pela retomada e a ampliação das relações que haviam sido enunciadas na analogia **I**: a introdução do atributo  $A_2$  (o conceito de energia de ativação) e a construção da relação  $R_3$ . A 2ª fase envolve a introdução do elemento  $E_4$  (aplicação de uma prova na qual os alunos não tiveram um bom resultado), e a construção das relações  $R_4$  e  $R_5$  no DB da analogia. A 3ª fase começa com a introdução do elemento  $E_5$  (o aumento da temperatura do sistema reacional, no DA, a aplicação de uma segunda prova na qual os estudantes teriam um resultado médio melhor, no DB). A 3ª



fase contempla, ainda, todas as relações que foram construídas após a introdução do elemento E<sub>5</sub>.

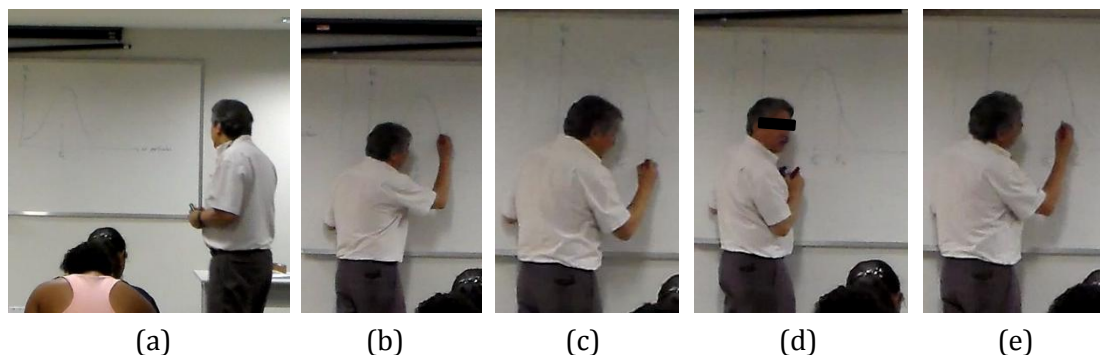
Na primeira fase da analogia **M**, diferentemente do que ocorreu na construção da analogia **I**, as relações R<sub>1</sub> e R<sub>2</sub> foram construídas por meio da orquestração de três modos: o modo verbal oral, a execução de gestos referenciais dêiticos e a interação com o gráfico que o professor havia desenhado no quadro. Observando as linhas 13, 14 e 15 do quadro 36, vemos que os gestos referenciais executados pelo professor foram fundamentais para que ele pudesse indicar, no gráfico: 1<sup>o</sup>- as regiões que correspondiam às moléculas com mais e menos energia, 2<sup>o</sup>- a região associada ao valor da energia cinética média. Essa mesma interação com o gráfico feita por meio de modos gestuais dêiticos já havia sido orquestrada com o modo verbal oral durante a construção das relações similares presentes no domínio base (linhas 10 e 11 do quadro 36).

A centralidade dada pelo professor à interação com o gráfico que foi realizada por meio de gestos referenciais dêiticos, provavelmente, contribuiu não somente para a construção das primeiras relações de ordem superior acerca das distribuições gaussianas, ora dos valores das notas, ora dos valores de energia cinética, mas também para o estabelecimento das correspondências entre essas relações, devido à coerência textual que caracterizou essa interação comunicativa.

A introdução do atributo A<sub>2</sub> ocorreu na primeira fase da analogia e foi feita somente no domínio alvo. Ela também mobilizou diversos modos de comunicação. Primeiramente, o professor se dirigiu aos estudantes lhes fazendo uma pergunta retórica antecedida por uma afirmação a respeito das condições necessárias para ocorrência de uma reação química: *“só / que pra reagir / não é a energia cinética média / o quê que é / qual é a energia que é necessária pra reagir? / qual o nome que nós damos à energia necessária pra reagir?”*. Para fazer essa pergunta e assim introduzir o conceito da energia de ativação como um segundo atributo na construção da analogia **M**, o professor se afastou do quadro e caminhou em direção aos estudantes. Entendemos que esse comportamento proxêmico foi importante para marcar a introdução desse novo atributo na construção da analogia. Contudo, outros modos utilizados pelo professor na sequência também contribuíram para essa finalidade. Como descrevemos no quadro 38, ao confirmar a resposta dada pelos estudantes à sua pergunta retórica, o professor retornou à lousa para desenhar um segmento de reta pontilhado sobre a curva gaussiana, atribuindo um valor para a energia de ativação da reação química. Nesse instante, o professor ainda executou uma breve mudança de postura corporal coordenada com uma mudança alternada no direcionamento do olhar, primeiro para os estudantes e depois para o gráfico. Esse movimento

de cabeça equivale a um gesto referencial dêitico que ele poderia ter feito com uma das mãos. Esses vários modos orquestrados com a fala também contribuíram para o professor marcar a introdução da energia de ativação como um importante atributo do domínio alvo. As imagens capturadas do registro em vídeo ilustram a orquestração dos modos que compõem esse momento da enunciação. A figura 18 resgata tal momento.

**Figura 18** – Imagens capturadas do registro em vídeo dos modos 18a, 19a, 20a e 20b, conforme os códigos dos quadros 36 e 38.



(a) O professor caminha em direção ao quadro (18a); (b) começa a desenhar um segmento de reta pontilhado (19a); (c) inscreve abaixo do segmento as letras "Ec" (ainda 19a); (d) muda sua postura e olhar em direção aos estudantes (20a); (e) volta-se para o quadro para fazer uma nova inscrição sobre o gráfico (20b).

**Fonte:** Composição de fotografias elaborada pelo autor por meio da captura nos registros em vídeo.

Ao final dessa primeira fase da construção da analogia **M**, o professor construiu a relação de ordem superior  $R_3$ , exclusivamente, no domínio alvo. A construção dessa relação foi marcada, principalmente, pelos seguintes modos: a inscrição sobre o gráfico (20b), a enunciação de uma segunda pergunta retórica (*por que que essas moléculas podem reagir?*), e a interação com o gráfico por meio de gestos referenciais dêiticos, assim como havia acontecido na construção das relações  $R_1$  e  $R_2$ .

A segunda fase da construção da analogia **M** foi iniciada quando o professor se afastou do quadro, logo após ter construído a relação  $R_3$  no domínio alvo, enquanto dizia: *imagine o seguinte / imagine a seguinte situação / nós fizemos uma prova / aqui na sala / mas os alunos não tiveram um bom resultado*. Durante essa enunciação, ao interagir com o gráfico por meio de gestos referenciais dêiticos, o professor introduziu, no domínio base, o elemento  $E_4$ .

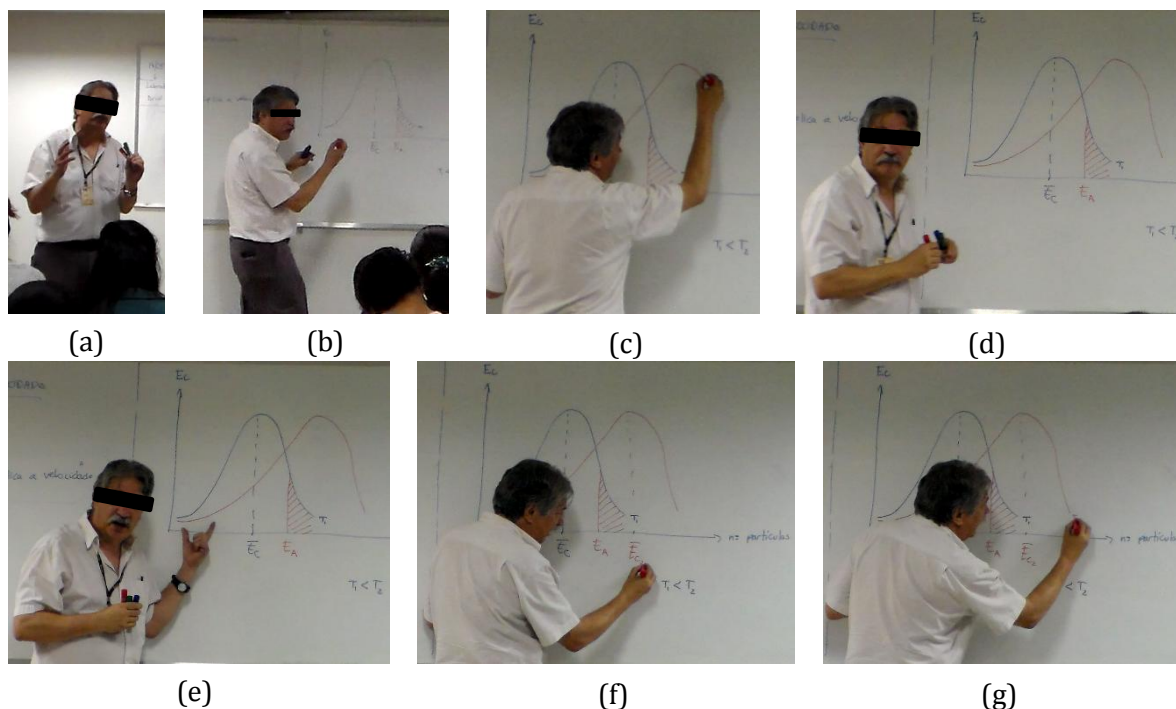
Ainda nessa segunda fase da analogia, o professor construiu as relações  $R_3$ ,  $R_4$  e  $R_5$  no domínio base. Essas relações foram construídas, principalmente, pela interação do professor com o gráfico, por meio de gestos referenciais dêiticos. Essa centralidade dada à interação com o gráfico desenhado no quadro da sala de aula, provavelmente, ocorreu em função da especialização funcional desse modo, considerando tanto seu meio, quanto sua materialidade. Ao escolher esse modo de comunicação para abordar a distribuição da energia cinética entre moléculas constituintes de um sistema reacional, provavelmente, o professor considerou a

possibilidade oferecida pelo meio material sobre o qual ele poderia: 1<sup>o</sup>- fazer inscrições, uma a uma; 2<sup>o</sup>- interagir com as mesmas e complementá-las na medida em que introduzia novos elementos, ora no domínio alvo, ora no domínio base da analogia. O quadro branco da sala de aula pode ser compreendido como um meio moldado pela cultura escolar em uma forma socialmente organizada, sobre o qual os sujeitos, professores e estudantes, interagem orquestrando modos visuais (inscrições, projeções de imagens, layout, uso de cores) com os modos verbais oral e escrito.

A terceira fase da construção da analogia **M** foi iniciada quando o professor, após ter construído a relação entre a nota média dos alunos na primeira prova aplicada e a nota mínima necessária para aprovação, realizou um comportamento proxêmico e executou um gesto pragmático performativo para, primeiro, convidar os estudantes a imaginarem uma nova condição de temperatura do sistema reacional e, segundo, imaginarem uma nova prova em que os estudantes tiveram um resultado melhor. Dessa forma, ele introduziu o elemento  $E_5$  nos dois domínios da analogia.

No início dessa terceira fase, além da interação com o gráfico por meio de gestos referenciais dêiticos, outro modo marcou a construção das novas relações construídas a partir do elemento  $E_5$ , em ambos os domínios: as inscrições feitas sobre o gráfico. O professor não somente desenhou com um pincel vermelho uma nova curva gaussiana deslocada para a direita em relação à primeira curva, mas também fez uma série de inscrições sobre as duas curvas. A figura 19 apresenta algumas imagens capturadas a partir do registro em vídeo que ilustram, entre outros modos, algumas inscrições feitas pelo professor.

**Figura 19** – Imagens capturadas do registro em vídeo dos modos codificados nos quadros 36 e 38 como 31b, 32a, 32b, 33a, 34a e 35a.



(a) O professor executa um gesto de descrição figurativa (ícone 31b) referindo-se à curva gaussiana; (b) ele se aproxima do quadro (32a) e anuncia que vai fazer uma inscrição usando o pincel vermelho; (c) desenha uma segunda curva gaussiana deslocada para a direita em relação à primeira curva (32b); (d) muda sua postura e olhar em direção aos estudantes (33a); (e) indica no gráfico a região correspondente à pequena quantidade de alunos que ainda estariam com notas baixas nessa segunda prova (34a); (f) desenha um segmento de reta pontilhado a partir do pico da segunda curva e escreve "Ec2" sob o eixo horizontal do gráfico (35a); (g) escreve "T2" próximo à curva em vermelho para indicar que a nova curva correspondia à nova condição de temperatura (ainda 35a).

**Fonte:** Composição de fotografias elaborada pelo autor por meio da captura nos registros em vídeo.

A partir dessas novas inscrições sobre o gráfico, o professor construiu as últimas relações dos domínios da analogia **M**, colocando-as em correspondência. A construção da relação  $r_3$ , por exemplo, foi iniciada pela enunciação de uma pergunta retórica orquestrada com gestos referenciais dêiticos e gestos pragmáticos de partição e de modalização.

A construção da última relação de ordem superior constituinte do domínio alvo, a relação  $R_9$ , envolveu os modos identificados nas linhas 41 a 44 do quadro 36 e descritos no quadro 38. A partir de uma nova pergunta retórica a respeito das moléculas com condições de energia para a ocorrência da reação química, o professor interagiu com o gráfico por meio de gestos dêiticos e de novas inscrições. As últimas proposições do professor na construção da analogia **M** ainda envolveram a orquestração de outros modos gestuais e do comportamento proxêmico.

#### 5.4.6 - SIGNIFICADOS COMPARTILHADOS DURANTE A CONSTRUÇÃO DAS ANALOGIAS I & M

##### ANALOGIA I

###### *Significado Ideacional*

O significado ideacional da analogia **I** é constituído por um conjunto de ideias a serem compartilhadas com os estudantes a respeito do domínio alvo da comparação: (i) consideradas isoladamente as partículas não se movimentam com a mesma velocidade, nem apresentam a mesma energia cinética; (ii) a temperatura de um sistema está relacionada ao “grau de agitação” ou a energia cinética média das partículas.

###### *Significado Interpessoal*

O professor manteve o controle do discurso ocupando a frente da sala. Os papéis normalmente atribuídos a professores e estudantes parecem ainda terem sido reforçadas pela escolha da narrativa que constituiu o domínio base, na qual um professor aplica, corrige e atribui notas a seus alunos.

###### *Significado Textual*

Textualmente, a construção da analogia **I** foi iniciada a partir de considerações a respeito do conceito de temperatura, que foram desenvolvidas por meio da orquestração entre o modo verbal oral e o comportamento proxêmico do professor diante dos alunos e de objetos relevantes, tais como a lousa e a mesa disposta na frente da sala. Em seguida, parado em frente aos alunos e orquestrando fala e gestos predominantemente pragmáticos, o professor estabeleceu as correspondências entre as relações enunciadas em cada domínio. O término da analogia também foi marcado por um comportamento proxêmico seguido por uma inscrição no quadro. Ou seja, tanto o início quanto o final da construção da analogia **I** foram marcados pelo comportamento proxêmico orquestrado com a fala do professor.

##### ANALOGIA M

###### *Significado Ideacional*

Na construção da analogia **M**, o professor buscou compartilhar significados mais amplos que aqueles compartilhados na analogia anterior. Ao construir a analogia **M** a partir de um gráfico desenhado no quadro da sala de aula, o professor compartilhou os seguintes significados ideacionais: (i) em um sistema reacional há moléculas com diferentes energias cinéticas; (ii) os valores de energia cinética das moléculas seguem uma distribuição normal que pode ser representada graficamente por meio de uma curva gaussiana; (iii) em condições de baixa temperatura, a energia cinética média das moléculas tende a ser menor que a energia de ativação da reação química; (iv) somente moléculas com energia cinética igual ou maior que a

energia de ativação podem participar da reação química; (v) a energia de ativação é uma característica constante de uma reação química, que não depende da temperatura do sistema reacional; (vi) o aumento da temperatura de um sistema reacional aumenta a quantidade de moléculas com energia cinética igual ou superior à energia de ativação da reação; (vii) o aumento da temperatura de um sistema reacional diminui a quantidade de moléculas com energia inferior à energia de ativação; (viii) o aumento da temperatura de um sistema reacional aumenta a velocidade das reações químicas.

### ***Significado Interpessoal***

Na construção da analogia **M**, assim como no episódio da analogia anterior, o discurso permaneceu centrado na fala do professor. As falas dos alunos ocorreram somente em momentos nos quais eles respondiam às perguntas feitas pelo professor.

A escolha do professor pelas situações envolvendo provas e notas de estudantes como domínio base para a construção da analogia **M**, assim como ocorreu na analogia **I**, provavelmente contribuiu para reiterar as relações sociais entre os sujeitos em interação estabelecidas naquele ambiente escolar.

### ***Significado Textual***

O início da construção da analogia **M** foi marcado pela orquestração entre fala, comportamentos proxêmicos e interação com um gráfico por meio de gestos referenciais dêiticos. As relações presentes na estrutura relacional comum dessa analogia foram construídas, principalmente, nas ocasiões em que o professor interagiu com o gráfico sobre a distribuição normal da energia cinética das moléculas de um sistema reacional e nas ocasiões em que o professor fazia inscrições sobre esse gráfico. Já a introdução de novos elementos em cada domínio normalmente era realizada por meio de perguntas retóricas que envolviam a execução de muitos gestos pragmáticos e alguns gestos referenciais. Esses gestos foram realizados enquanto o professor se afastava do quadro e se aproximava dos estudantes com os quais interagiu.

De modo geral, podemos dizer que a coerência entre as relações enunciadas a respeito do domínio alvo da analogia e as relações construídas no seu domínio base foi favorecida nas ocasiões em que o professor interagiu com o gráfico por meio de gestos dêiticos ou fazia inscrições sobre esse gráfico. Por outro lado, a coerência dessas relações em correspondência com o contexto no qual a interação aconteceu foi favorecida nas ocasiões em que o professor, a fim de introduzir novos elementos e atributos relevantes para a construção dessa analogia, normalmente orquestrava comportamentos proxêmicos e gestos pragmáticos enquanto enunciava perguntas retóricas.

## CAPÍTULO 6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

---

### *Retornando ao Problema a partir da análise*

A unidade de análise elaborada e utilizada nesta pesquisa nos permitiu compreender como um professor de Química experiente orquestra múltiplos modos de comunicação para construir analogias. Sendo assim, nos deu condições de enfrentar o problema que desencadeou este trabalho: *quais são as relações entre as características das analogias construídas por um professor de Química experiente e os recursos expressivos por ele utilizados?*

No início dessas nossas considerações finais, iremos apresentar uma síntese das respostas dadas às três questões que nortearam nosso trabalho empírico a partir da análise apresentada no capítulo anterior: (1<sup>a</sup>) *que características nos permitem identificar uma comparação estabelecida por um professor como sendo uma analogia?*; (2<sup>a</sup>) *como o professor articula comparações distintas, mas que tratam de um mesmo tema, conceito ou modelo científico?*; (3<sup>a</sup>) *como os modos de comunicação utilizados na construção de analogias contribuem para o compartilhamento dos significados ideacionais, interpessoais e textuais que constituem episódios de ensino mediados por analogias?*

Considerando uma das duas dimensões que compuseram nossa unidade de análise – a dimensão estrutural – foi possível mapear as correspondências estabelecidas entre os domínios de cada comparação feita pelo professor, reconhecer diferenças estruturais entre a diversidade de comparações enunciadas por ele e, principalmente, analisar e compreender a complexidade das relações em correspondência no interior das analogias construídas. Nesse sentido, há que se considerar que a teoria do mapeamento estrutural utilizada como uma das bases que fundamentaram a construção do nosso referencial teórico nos forneceu uma ferramenta de análise útil para alinhar os elementos e os atributos em correspondência e, principalmente, para identificar as relações estabelecidas e estabelecer seu grau de complexidade. Dessa forma, na seção 5.2 do capítulo anterior, acreditamos ter conseguido responder à nossa primeira questão de pesquisa.

O mapeamento estrutural das comparações também tornou evidente a articulação entre analogias construídas em momentos distintos da aula, que foram retomadas para que o professor pudesse apresentar conceitos e modelos de grande sofisticação, a partir do resgate de conhecimentos previamente trabalhados com os alunos. Com o auxílio do mapeamento, nós mostramos que relações de menor complexidade foram ampliadas para a construção de relações de ordem superior em uma comparação posterior. Acreditamos ter deixado esse processo bem evidente ao explicitarmos a articulação entre as analogias **I** e **M**. Na primeira dessas analogias, as

relações  $R_1$  e  $R_2$  serviram para o professor colocar as diferentes energias cinéticas exibidas pelas moléculas de um material em correspondência com as diferentes notas de alunos obtidas em uma prova. Durante a comparação **M**, essas relações foram a base para a construção das outras relações mais sofisticadas e complexas que permitiram ao professor explicar como o aumento da temperatura eleva a quantidade de moléculas com energia cinética igual ou superior à energia de ativação necessária a ocorrência de uma reação química.

A partir da dimensão estrutural da nossa unidade de análise, também foi possível mostrar aspectos da articulação entre essas duas analogias importantes para a compreensão das suas características: (i) a correspondência um a um entre elementos, atributos e relações dos dois domínios de cada analogia; (ii) a conectividade em paralelo e o isomorfismo das relações enunciadas; (iii) o foco relacional dado pelo professor ao construí-las, dado que ele não se limitou a estabelecer correspondências entre elementos ou atributos; (iv) a sistematicidade das conexões entre as relações construídas em cada domínio; (v) a similaridade semântica, tanto entre os elementos colocados em correspondência, quanto das relações mapeadas; (vi) a centralidade pragmática em cada analogia.

Acreditamos ter respondido a nossa terceira questão de pesquisa, que trata dos modos de comunicação utilizados pelo professor para construir as analogias analisadas, ao longo da seção 5.4 do capítulo anterior. Para tanto: (i) identificamos as intenções retóricas que levaram o professor a construir as duas analogias; (ii) fizemos a transcrição multimodal dos episódios nos quais o professor as construiu; (iii) descrevemos cada um dos múltiplos modos semióticos utilizados, tanto para introduzir elementos e atributos relevantes, quanto para construir e colocar relações em correspondência; (iv) elaboramos mapeamentos multimodais das correspondências e analisamos a construção das analogias por meio da orquestração multimodal; (v) identificamos os significados ideacionais, interpessoais e textuais construídos e potencialmente compartilhados pelo professor em sua interação com os estudantes.

Ao analisar como os modos de comunicação utilizados na construção de analogias contribuíram para o compartilhamento dos significados ideacionais, interpessoais e textuais durante os episódios de ensino registrados e transcritos, concluímos que a introdução de inscrições na lousa e as interações com tais inscrições (o gráfico desenhado, as palavras escritas, os destaques de regiões específicas nas curvas gaussianas do gráfico), orquestradas com outros modos de comunicação, certamente, expandiram as possibilidades do professor de produzir ações e gestos significativos e relevantes para a construção do grande número de relações de ordem superior que caracterizaram a analogia **M**. Essa aliás, foi a interpretação que



apresentamos para o fato de que a diversidade de gestos e ações com potencial comunicativo em **M** foi bem maior do que na analogia **I**.

Podemos dizer também que as escolhas realizadas pelo professor por utilizar os modos de comunicação que identificamos têm relação com os fatores pragmáticos da construção das analogias, que por sua vez, se relacionam com a intenção retórica desse sujeito. Como dissemos na apresentação dos nossos referenciais teóricos, as considerações pragmáticas têm forte influência sobre a seleção do domínio base e a elaboração de inferências a respeito do domínio alvo. Esses dois processos são intimamente relacionados ao estabelecimento de correspondências durante a construção das analogias. Portanto, consideramos que as escolhas de modos de comunicação adequados ao estabelecimento das correspondências de uma analogia também são motivadas pelos fatores pragmáticos.

A respeito das relações entre os modos de comunicação escolhidos e os significados compartilhados por meio das analogias construídas, podemos afirmar que a orquestração bem coordenada entre fala, escrita, ações e gestos foram fundamentais para a construção da analogia **M**. A esse respeito evidenciamos a participação de inscrições feitas sobre a lousa, de interações com essas inscrições por meio de gestos predominantemente referenciais (dêiticos e representacionais), do comportamento proxêmico, dentre outros. Tal orquestração multimodal pode ter contribuído para o compartilhamento de significados ideacionais, textuais e interpessoais pretendidos pelo professor por meio dessa analogia.

Na construção da analogia **M**, destacamos a recorrência dos gestos de mesma função para estabelecer correspondências entre elementos e relações semanticamente similares, e para conferir coerência textual interna ao processo de compartilhamento de significados. Essa recorrência se mostrou evidente na descrição que fizemos, no quadro 38, da forma como o professor retomou a relação  $R_2$ , construída na analogia **I**, para reconcebê-la na construção da analogia **M**. Vimos que o gesto referencial dêitico 13a, executado em referência à energia cinética média das moléculas, foi mecanicamente idêntico ao gesto referencial dêitico 11b, que tinha sido executado em referência à nota média dos alunos em uma prova. Esse mesmo tipo de gesto foi realizado pelo professor mais quatro vezes em referência ao domínio base e mais quatro vezes para o domínio alvo, de acordo com o mapeamento multimodal mostrado no quadro 40.

As observações das aulas e as nossas análises também nos permitem dizer que o professor, por meio da orquestração de múltiplos modos de comunicação, construiu com facilidade e naturalidade diferentes tipos de comparações – desde comparações de mera aparência, como no caso da comparação **L**, até analogias estruturalmente consistentes, sistemáticas e pragmaticamente adequadas, como a analogia **M**.

A análise estrutural seguida da análise multimodal da construção das analogias confirmou a principal hipótese da nossa pesquisa: a construção de analogias em uma sala de aula, em função de suas características estruturais, não consiste em uma realização meramente linguística. Nossos dados corroboram a tese de que esse processo envolve o uso coordenado de diferentes modos de comunicação que cooperam na construção de relações fundamentais para a estrutura relacional comum de uma analogia, contribuindo para a similaridade semântica das relações e conferindo coerência textual ao colocá-las em correspondência.

Tais conclusões revelam a importância da orquestração de múltiplos modos de comunicação como um aspecto central dos processos de estabelecimento de correspondências que constituem as analogias. Em síntese, nossa unidade de análise nos permitiu não somente identificar as relações entre as características desse tipo de comparação e os recursos expressivos utilizados por um professor experiente, como também compreender a articulação entre aspectos estruturais e expressivos do processo de construção de analogias em sala de aula.

### ***Contribuições e Implicações para as Pesquisas em Educação em Ciências***

Considerando todo o nosso esforço para revelar as estruturas relacionais das analogias construídas pelo professor, bem como suas características semânticas, pragmáticas e de sistematicidade, que foram apresentadas no capítulo anterior, esperamos ter oferecido uma contribuição significativa para a compreensão das analogias e do seu papel na Educação em Ciências. Da mesma forma, considerando nossa análise da orquestração multimodal dos processos de construção dessas analogias, esperamos ter contribuído, tanto para reforçar a importância do papel de múltiplos modos na comunicação em aulas de Ciências, quanto para ampliar a compreensão do uso das analogias como recurso de mediação no ensino de Química.

A respeito do papel das analogias na Educação em Ciências, consideramos que o nosso trabalho oferece uma nova contribuição relacionada ao modo como as analogias devem ser compreendidas. Uma analogia implica na construção de uma estrutura relacional comum entre os dois domínios comparados, diferente de uma comparação de mera aparência. A estrutura relacional comum das analogias evidencia o seu foco relacional e, por meio de suas expressões de concatenamento, revela a sistematicidade entre as relações de ordem superior e as relações de primeira ordem. No caso das comparações por mera aparência, cujo foco está em atributos dos elementos estruturais de cada domínio, não há estrutura relacional comum e, conseqüentemente, não há sistematicidade entre relações.

Consideramos que algumas características de nosso trabalho merecem destaque: (i) o nosso padrão de mapeamento estrutural e o nosso esforço para mapear de modo

sistemático as correspondências entre os elementos, atributos e relações que constituíram as analogias construídas pelo professor; (ii) a representação que fizemos da estrutura relacional comum das analogias, que nos permitiu tornar mais evidente o seu foco relacional, a sua sistematicidade e a interconexão das relações que constituem cada domínio comparado; (iii) a unidade de análise que elaboramos com duas dimensões analíticas distintas e complementares; (iv) o nosso esforço para tornar visíveis certos aspectos da comunicação na construção de analogias que, normalmente, não são considerados na análise do uso desse recurso de mediação didática; (v) a convergência adequada que consideramos ter feito entre a Teoria do Mapeamento Estrutural e a Teoria das Múltiplas Restrições para analisar e caracterizar as analogias construídas em uma sala de aula de Ciências; (vi) o uso coerente que consideramos ter feito da Teoria Multimodal da Semiótica Social, no intuito de demonstrar o potencial dessa teoria para a pesquisa no campo da Educação em Ciências; (vii) a descrição funcional dos gestos como análise complementar dos modos de comunicação que foram orquestrados pelo professor no estabelecimento das comparações; (viii) as transcrições que fizemos dos episódios de ensino com destaques distintos para as enunciações referentes aos domínios das comparações, e com a introdução de ícones específicos para caracterizar os diferentes modos orquestrados nesses episódios; (ix) o nosso esforço para descrever cada modo orquestrado; (x) a composição dos mapeamentos dos múltiplos modos envolvidos no estabelecimento de correspondências entre as entidades que compõem a estrutura relacional comum das analogias; (xi) a análise da orquestração multimodal que nos permitiu identificar os significados ideacionais, interpessoais e textuais compartilhados pelo professor por meio da construção das analogias.

Nesse sentido, acreditamos que a nossa análise do uso de analogias sob a perspectiva da multimodalidade pode oferecer diversas contribuições para a pesquisa e o ensino das Ciências ao ampliar: (a) o foco dos trabalhos que, atualmente, têm se dedicado à avaliação das analogias como recursos ou estratégias de ensino; (b) a compreensão da dinâmica das interações entre professores e estudantes durante a construção de analogias nas salas de aula de Ciências; (c) o entendimento dos fatores que contribuem para que os episódios de ensino centrados na construção de analogias sejam contextualmente adequados; (d) a compreensão do papel dos múltiplos modos de comunicação e de sua orquestração para a construção de analogias em aulas de Química; (e) o escopo do conhecimento sobre as características e as estratégias de uso das analogias que podem subsidiar os processos de formação inicial e continuada de professores.

Em síntese, avaliamos, tanto os dados que nós reunimos, quanto a análise que nós empreendemos como uma importante contribuição para: 1<sup>o</sup>- a compreensão da estrutura das

analogias; 2º- o debate sobre o papel desse tipo de comparação na Educação em Ciências; 3º- a elucidação dos processos de construção das analogias em situações de sala de aula. Esperamos, portanto, que o nosso trabalho seja integrado à literatura disponível sobre como e porque os professores utilizam ou constroem analogias para ensinar Ciências.

### ***Limitações da pesquisa***

Apesar das nossas expectativas de contribuição para os campos de estudos abordados neste trabalho, reconhecemos que a nossa pesquisa apresenta algumas limitações. A primeira está relacionada com a complexidade das transcrições multimodais. A esse respeito, concordamos que os não iniciados no campo de estudo da comunicação multimodal podem enfrentar dificuldades na leitura deste relato de pesquisa. Contudo, há que se considerar que a complexidade das transcrições desempenhou, para nós, uma função heurística importante. Sem adotar um padrão de transcrição tão sofisticado, dificilmente teríamos conseguido identificar todas as relações que postulamos entre as características das analogias e os recursos expressivos utilizados em sua construção.

Quanto as descrições dos gestos, apesar da sua importância e do uso que fizemos como suporte para a análise multimodal, ainda encontramos certa dificuldade em descrever verbalmente a cinemática dos movimentos que os constituem, a ponto de justificar, em toda e qualquer situação, a função que nós atribuímos a esses gestos ao interpretar a gravação em vídeo dos movimentos. Essa dificuldade decorre da especialização funcional do modo verbal e da dificuldade nele inerente para descrição pormenorizada de deslocamentos de muitos elementos articulados (mãos, antebraços, braços, etc.) no tempo e no espaço.

Embora em nosso estudo tenhamos procurado superar o desafio de registrar as interações multimodais em situações concretas de sala de aula, por meio do uso articulado de duas câmeras de vídeo e registros em caderno de campo, nós tivemos também certa dificuldade procedimental com manipulação das câmeras de vídeo. Essa dificuldade surgiu em decorrência de haver apenas uma pessoa responsável por manipular a câmera e ao mesmo tempo fazer anotações no caderno de campo. Em diversos momentos, ou o enquadramento dos registros por meio da câmera principal ficava comprometido enquanto o pesquisador tinha que fazer anotações, ou as anotações se tornavam precárias enquanto o pesquisador tinha que cuidar dessa câmera para realizar o melhor enquadramento possível. Consideramos que os registros e as anotações teriam ficado melhores se houvesse duas pessoas dedicadas a esses procedimentos, uma exclusivamente dedicada a operar os recursos de giro, aproximação e afastamento da câmera, para garantir o melhor enquadramento e registro detalhado dos

diversos modos de comunicação empregados pelo professor, incluindo sua proxêmica, e outra para organizar e fazer anotações detalhadas dos instantes de interesse para a pesquisa, das marcações que orientam a análise e transcrição de episódios e de outros aspectos do contexto da aula que as câmeras não são capazes de registrar.

Em nossa análise multimodal, reconhecemos que alguns modos semióticos não foram contemplados e descritos, como as expressões faciais do professor enquanto falava, gesticulava, caminhava pela sala ou respondia alguma pergunta, e os elementos prosódicos presentes na fala do professor. Entendemos que tanto as expressões faciais quanto a prosódia do discurso acrescentariam riqueza à análise. No entanto, tínhamos a consciência que sua inclusão em nossa pesquisa aumentaria demasiadamente a complexidade da nossa transcrição e exigiria um esforço e dedicação muito maiores para a realização da análise multimodal. Consideramos que esses aspectos poderão compor análises futuras desse complexo processo de construção de analogias em aulas de Ciências.

Embora nosso trabalho tenha focado nas ações do professor ao construir analogias para compartilhar significados ao ensinar Química, igualmente importante teria sido considerar as interações multimodais em que os estudantes são protagonistas, seja na interpretação das analogias propostas pelo professor, ou nas situações em que os próprios alunos criam suas analogias ao interagirem com ele. Dessa maneira, é essencial investir no desenvolvimento de metodologias para os desafios que se impõem nas pesquisas sobre multimodalidade e sobre o processo de construção de analogias, para que possamos investigar, de maneira mais cuidadosa, como as interações multimodais entre professores e estudantes ocorrem de forma a favorecer a aprendizagem por meio desse e de outros tipos de comparação.

## REFERÊNCIAS

---

- ABBAGNANO, N. *Dicionário de Filosofia*. 3ª Ed. São Paulo: Ed. Martins Fontes, 1999.
- ADAMS, J. D. et al. Sociocultural Frameworks of Conceptual Change: Implications for Teaching and Learning in Museums. *Cultural Studies of Science Education*, v. 3, n. 2, p. 435-449, 2008.
- AIREY, J.; LINDER, C. A Disciplinary Discourse Perspective on University Science Learning: Achieving Fluency in a Critical Constellation of Modes. *Journal of Research in Science Teaching*. v. 46, n. 1, p. 27-49, 2009.
- ALSOP, S.; BEALE, S. Molasses or Crowds: Making Sense of the Higgs Boson with Two Popular Analogies. *Physics Education*, v. 48, n. 5, p. 670-676, 2013.
- ANASTOPOULOU, S.; SHARPLES, M.; BABER, C. An evaluation of multimodal interactions with technology while learning science concepts. *British Journal of Educational Technology*. v. 42, n. 2, p. 266-290, 2011.
- ANDRADE, B. L.; ZYLBERSZTAJN, A.; FERRARI, N. As analogias e metáforas no ensino de ciências à luz da epistemologia de Gaston Bachelard. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências* (Belo Horizonte), v. 2, n. 2, p.1- 11, 2002.
- ARMOUR-THOMAS, E.; ALLEN, B. A. Componential analysis of analogical-reasoning performance of high and low achievers. *Psychology in the Schools*. v. 27, 1990.
- BAKER, W. P.; LAWSON, A. E. Complex Instructional Analogies and Theoretical Concept Acquisition in College Genetics. *Science Education*. p. 665-683, 2001.
- BARBOSA, J. U. et al. Analogias para o ensino de bioquímica no nível médio. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências* (Belo Horizonte), v.14, n.1, p.195- 208, 2012.
- BARBOSA, N.; CAVALCANTI, E. S.; NEVES, E. A. L.; CHAVES, T. A.; COUTINHO, F. A.; MORTIMER, E. F. A expressividade do professor universitário como fator cognitivo no ensino-aprendizagem. *Ciências & Cognição*. v. 14, n.1, p. 75-102, 2009.
- BARDIN, L. *Análise de Conteúdo*. Lisboa, Edições 70, 1997.
- BARRA, E. S. O. Modelos da mudança científica: subsídios para as analogias entre história da ciência e ensino de ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*. v. 10, n. 2, p. 118-127, 1993.
- BELLOCCHI, A.; RITCHIE, S. M. Investigating and Theorizing Discourse during Analogy Writing in Chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*. v. 48, n. 7, p. 771-792, 2011.
- BERNARDINO, M. A. D.; RODRIGUES, M. A.; BELLINI, L. M. Análise crítica das analogias do livro didático público de química do estado do Paraná. *Ciência & Educação* (Bauru), vol.19, no.1, p.135-150, 2013.
- BICA, M. S. N.; ROEHRS, R. A abordagem dos conceitos de substância, mistura e densidade utilizando os fundamentos das múltiplas representações. *Experiências em Ensino de Ciências*. v. 10, n. 2, 2015.
- BOUJAOUDE, S.; TAMIM, R. Middle School Students' Perceptions of the Instructional Value of Analogies, Summaries and Answering Questions in Life Science. *Science Educator*, v. 17, n. 1, p. 72-78, 2008.
- BOZELLI, F. C.; NARDI, R. O uso de analogias no ensino de física em nível universitário: interpretações sobre os discursos do professor e dos alunos. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*. v.6, n.3, 2006.
- BOZELLI, F. C.; NARDI, R. Interações discursivas e o uso de analogias no ensino de Física. *Investigações em Ensino de Ciências*. v.17(1). p. 81-107, 2012.

- BRASIL, Ministério da Saúde. Conselho Nacional de Saúde. Resolução n° 466. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 12 de dezembro de 2012.
- BROWN, D. E. Using Examples and Analogies to Remediate Misconceptions in Physics: Factors Influencing .Conceptual Change.*Journal of Research in Science Teaching*. v. 29, n. 1, p. 17-34, 1992.
- BROWN, D. E. Refocusing Core Intuitions: A Concretizing Role for Analogy in Conceptual Change. *Journal of Research in Science Teaching*. v. 30, n. 10, p. 1273-1290, 1993.
- BUTY, C.; MORTIMER, E. F. Dialogic/Authoritative discourse and modeling in a high school teaching sequence on optics. *International Journal of Science Education*, v. 30, n. 12, p. 1635-1660, 2008
- CACHAPUZ, Antonio. Linguagem Metafórica e o Ensino de Ciências. *Revista Portuguesa de Educação*. 2 (3), p. 117-129. Universidade do Minho, 1989.
- CAPPELLE, V.; PAULA, H. F. Comunicação multimodal na gestão de atividades em uma sala de aula de Biologia. In: *Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)*, IX. Águas de Lindóia, SP, 10 a 14 de novembro de 2013.
- CARON, M. F.; RIGONATO, M. B. Metáforas da “Terra da Gente” e a aprendizagem midiática de conceitos científicos. *Ciência & Cognição*. v. 18 (1), p. 2-19, 2013.
- CARVALHO, N.; JUSTI, R. Papel da analogia do “mar de elétrons” na compreensão do modelo de ligação metálica. *Enseñanza de las Ciencias*. Numero extra. VII Congresso, 2005.
- CASTILHO, A. T.; CASTILHO, C. M. M. Advérbios modalizadores. In: ILARI, R. Gramática do Português Falado: níveis da análise linguística. Campinas, SP: Editora da UNICAMP, 1992. v. 2, cap. 10, p. 213-260.
- CHIU, M.; LIN, J. Promoting Fourth Graders' Conceptual Change of Their Understanding of Electric Current via Multiple Analogies. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 42, n. 4, p. 429-464, 2005.
- CINDRA, J. L.; TEIXEIRA, O. P. B. A evolução das ideias relacionadas aos fenômenos térmicos e elétricos: algumas similaridades. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*. v. 22, n. 3, p. 379-399, 2005.
- CLEMENT, J. Using Bridging Analogies and Anchoring Intuitions to Deal with Students' Preconceptions in Physics. *Journal of Research in Science Teaching*. v. 30, n. 10, p. 1241-1257, 1993.
- COBB, T.B. On the Miscibility of Science and Environmental Education. *Journal of Environmental Education*, v. 29, n. 4, p. 5-10, 1998.
- COLL, R.K.; FRANCE, B.; TAYLOR, I. The Role of Models/and Analogies in Science Education: Implications from Research. *International Journal of Science Education*, v. 27, n. 2, p. 183-198, 2005.
- CROWDER, E. Gestures at work in sense-making science talk. *The Journal of the Learning Sciences*, v. 5, n. 3, p. 173-208, 1996.
- CUNHA, M. C. C. Analogias nos livros de ciências para as séries iniciais do ensino fundamental. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*. v. 6, n. 2, 2006.
- CURTIS, R. V.; REIGELUTH, C. M. The use of analogies in written text. *Instructional Science*. v. 13, p. 99-117, 1984.
- DAGHER, Z. Does the use of analogies contribute to conceptual change?. *Science Education*, 78 (6), p. 601-614, 1994.

- DAGHER, Z. Analysis of analogies used by science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 32 (3), pp.259-270, 1995a.
- DAGHER, Z.R. Review of Studies on the Effectiveness of Instructional Analogies in Science Education. *Science Education*, p. 295-312, 1995b.
- DELIZOICOV, N. C.; CARNEIRO, M. H. S.; DELIZOICOV, D. O movimento do sangue no corpo humano: do contexto da produção do conhecimento para o do seu ensino. *Ciência & Educação*. v. 10, n. 3, p. 443-460, 2004.
- DENAES, C. Analogical Matrices in Young Children and Students with Intellectual Disability: Reasoning by Analogy or Reasoning by Association?. *Journal of Applied Research in Intellectual Disabilities*. v. 25, 271–281, 2012.
- DO CARMO, R. S.; NUNES-NETO, N.; EL-HANI, C. Gaia Theory in Brazilian High School Biology Textbooks. *Science & Education*, v. 18, n. 3, p. 33, 2009.
- DRIVER, R.; ASOKO, H.; LEACH, J.; MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. H. Construindo o conhecimento científico em sala de aula. *Química Nova na Escola*, 9(31) p. 31-40, 1999.
- DUARTE, M. C. Analogias na educação em ciências contributos e desafios. *Investigações em Ensino de Ciências*. v. 10, n. 1, p. 7-29, 2005.
- DUIT, R. On the Role of Analogies and Metaphors in Learning Science. *Science Education*. v. 75, n. 6, p. 649-672, 1991.
- DUPIN, J. J.; JOHSUA, S. Analogies and “Modeling Analogies” in Teaching: Some Examples in Basic Electricity. *Science Education*. v. 73, n. 2, p. 207-224, 1989.
- EMIG, B. R.; MCDONALD, S.; ZEMBAL-SAUL, C.; STRAUSS, S. G. Inviting Argument by Analogy: Analogical-Mapping-Based Comparison Activities as a Scaffold for Small-Group Argumentation. *Science Education*. v. 98, n. 2, p. 243–268, 2014.
- FERRAZ, D. F.; TERRAZZAN, E. A. O uso de analogias como recurso didático por professores de Biologia no Ensino Médio. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*. v.1, n. 3, 2001.
- FERRAZ, D. F.; TERRAZZAN, E. A. O uso espontâneo de analogias por professores de Biologia: observações da prática pedagógica. *Ensaio, Pesquisa em Educação em Ciências*. v. 4, n. 2, 2002.
- FERRAZ, D. F.; TERRAZZAN, E. A. Uso espontâneo de analogias por professores de Biologia e o uso sistematizado de analogias: que relação? *Ciência & Educação* (Bauru), v. 9, n. 2, p. 213-227, 2003.
- FERRY, A. S. *Analogias e Contra-analogias: uma estratégia auxiliar para o ensino de modelos atômicos*. Belo Horizonte: Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, 2008. [Dissertação de Mestrado].
- FERRY, A. S.; NAGEM, R. L. Analogias e Contra-analogias: uma proposta para o ensino de ciências numa perspectiva bachelardiana. *Experiências em Ensino de Ciências*. v. 3, n.1, p. 7-21, 2008.
- FERRY, A. S.; NAGEM, R. L. Analogia e Contra-analogia: um estudo sobre a viabilidade da comparação entre o modelo atômico de Bohr e o sistema solar por meio de um júri simulado. *Experiências em Ensino de Ciências*. v. 4, n. 3, p. 43-60, 2009.
- FERRY, A. S.; PAULA, H. F. Mapeamento estrutural de analogias e outras comparações em uma sala de aula de Química. In: *Encontro Nacional de Pesquisas em Educação em Ciências*(ENPEC), X. Águas de Lindóia, SP, 24 a 27 de novembro de 2015.
- FLICK, L. Where Concepts Meet Percepts: Stimulating Analogical Thought in Children. *Science Education*. v. 75, n. 2, p. 215-230, 1991.



- FONSECA, V. A. C. *Interações multimodais em uma sala de aula de Biologia*. Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte [Dissertação de Mestrado], 2013.
- FRANCISCO JUNIOR, W. E. Analogias em livros didáticos de química: um estudo das obras aprovadas pelo Plano Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio 2007. *Ciências & Cognição*. v. 14, n. 1, p. 121-143, 2009.
- FRANCISCO JUNIOR, W. E. et al. Um estudo das analogias sobre equilíbrio químico nos livros aprovados pelo PNLEM 2007. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências* (Belo Horizonte), v. 13, n.2, p.85-100,2011.
- FRANCISCO JUNIOR, W. E.; FRANCISCO, W.; OLIVEIRA, A. C. G. Analogias em livros de química geral destinados ao ensino superior. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências* (Belo Horizonte), v.14, n.3, p.131-147, 2012.
- FRIEDEL, A. W. GABEL, D. L.; SAMUEL, J. Using Analogs for Chemistry Problem Solving: Does it Increase Understanding? *School Science and Mathematics*. v. 90, n. 8, 1990.
- GABEL, D. L.; SAMUEL, K. V. High school students' ability to solve molafuty problems and their analog counterparts. *Journal of Research in Science Teaching*. v. 23, n. 2, p. 165-176, 1986.
- GABEL, D.; SHERWOOD, R. D. Analyzing difficulties with mole-concept tasks by using familiar analog tasks. *Journal of Research in Science Teaching*. v. 21, n. 8, p. 843-851, 1984.
- GENTNER, D. Structure-Mapping: a Theoretical Framework for Analogy. *Cognitive Science*, v. 7, p. 155-170, 1983.
- GENTNER, D.; CLEMENT, C. A. Systematicity as a selection constraint in analogical mapping. *Proceedings of the Tenth Annual Conference of the Cognitive Science Society*, p. 412-418, 1988.
- GENTNER, D. The Mechanisms of analogical learning. In S. Vosniadou and A. Ortony, (Eds.), *Similarity and analogical reasoning*, (pp. 199-241). London: Cambridge University Press, 1989.
- GENTNER, D.; MARKMAN, A. B. Structure mapping in analogy and similarity. *American Psychologist*, v. 52, n. 1, p. 45-56, 1997.
- GENTNER, D.; BOWDLE, B.; WOLFF, P.; BORONAT, C. Metaphor is like analogy. In Gentner, D., Holyoak, K.J., & Kokinov, B.N. (Eds.), *The analogical mind: Perspectives from cognitive science*, p. 199-253. Cambridge MA: MIT Press, 2001.
- GENTNER, D.;LEVINE, S. C.; PING, R.; ISAIA, A.; DHILLON, S.; BRADLEY, C.; HONKE, G. Rapid Learning in a Children's Museum via Analogical Comparison. *Cognitive Science*. v. 40, p. 224-240, 2016.
- GENTNER, D.; KURTZ, K. J. Relations, Objects, and the Composition of Analogies. *Cognitive Science*. v. 30, p. 609-642, 2006.
- GILBERT, S. W. An evaluation of the use of analogy, simile, and metaphor in science texts. *Journal of Research in Science Teaching*. v. 26, n. 4, p. 315-327, 1989.
- GILLEN, J. et al. Using the Interactive Whiteboard to Resource Continuity and Support Multimodal Teaching in a Primary Science Classroom. *Journal of Computer Assisted Learning*, v. 24, n. 4, p. 348-358, 2008.
- GIORDAN, M.; SILVA-NETO, A. B.; AIZAWA, A. Relações entre Gestos e Operações Epistêmicas Mediadas pela Representação Estrutural em Aulas de Química e suas Implicações para a Produção de Significados. *Química Nova na Escola*. v. 37, N<sup>o</sup> Especial 1, p. 82-94, 2015.
- GIRALDI, P. M.; SOUZA, S. C. O funcionamento de analogias em textos didáticos de biologia: questões de linguagem. *Ciência & Ensino*. v. 1, n. 1, 2006.

- GIVRY, D.; ROTH, W. M. Toward a New Conception of Conceptions: Interplay of Talk, Gestures, and Structures in the Setting. *Journal of Research in Science Teaching*. v. 43, n. 10, p. 1086–1109, 2006.
- GLYNN, S. *Explaining Science Concepts: A Teaching-with-Analogies Model*. In: GLYNN, S. M.; YEANY, R.H. & BRITTON, B.K. (Eds). *The Psychology of Learning Science*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associate, 219-240. 1991.
- GLYNN, S. M.; TAKAHASHI, T. Learning from Analogy-Enhanced Science Text. *Journal of Research in Science Teaching*. v.35, n. 10, p. 1129–1149, 1998.
- GLYNN, Shawn M.; LAW, Michael; GIBSON, Nicole; HAWKINS, Charles H. *Teaching science with analogies: a resource for teachers and textbooks authors*.1998. Disponível em: <[http://curry.edschool.virginia.edu/go/clic/nrrc/scin\\_ir7.html](http://curry.edschool.virginia.edu/go/clic/nrrc/scin_ir7.html)> Acesso em 20/09/13.
- GOLDIN-MEADOW, S.; KIM, S.; SINGER, M. What the teacher's hands tell the student's mind about math. *Journal of Educational Psychology*, v. 91, n. 4, p. 720-730, 1999.
- GOLDIN-MEADOW, S. Beyond words: The importance of gesture to researchers and learners. *Child Development*, v. 71, n.1, p. 231-239, 2000.
- GOLDIN-MEADOW, S.; SINGER, M. A. From children's hands to adults' ears: gesture's role in the learning process. *Developmental Psychology*, v.39, n.3, p.509-520, 2003.
- GOLDIN-MEADOW, S. Gesture's role in the learning process. *Theory into Practice*, v.43, n.4, p. 314-321, 2004.
- GOLDIN-MEADOW, S.; WAGNER, S. M. How our hands help us learn. *Trends in Cognitive Sciences*. v. 9, n. 5, p. 234-241, 2005.
- GOMES, H. J. P.; OLIVEIRA, O. B. Obstáculos epistemológicos no ensino de ciências: um estudo sobre suas influências nas concepções de átomo. *Ciências & Cognição*. v. 12, p. 96-109, 2007.
- GOODWIN, C. Seeing in depth. *Social Studies of Science*, v. 25, p. 237-274, 1995.
- GOSWAMI, U. Analogical Reasoning: What Develops? A Review of Research and Theory. *Child Development*. v. 62, p. 1-22, 1991.
- GOYA, A.; LABURÚ, C. E. Uma atividade experimental de física por meio de investigação multimodal representacional. *Experiências em Ensino de Ciências*. v. 9, n. 2, 2014.
- GUERRA-RAMOS, M. Analogies as Tools for Meaning Making in Elementary Science Education: How Do They Work in Classroom Settings? *EURASIA Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, v. 7, n. 1, p. 29-39, 2011.
- HAAPARANTA, L. The Analogy Theory of Thinking. *Dialectica*, v. 46, n. 2, p. 169-183, 1992.
- HAGLUND, J.; JEPPSSON, F. Using Self-Generated Analogies in Teaching of Thermodynamics. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 49, n. 7, p. 898-921, 2012.
- HAGLUND, J.; JEPPSSON, F. Confronting Conceptual Challenges in Thermodynamics by Use of Self-Generated Analogies. *Science & Education*, v. 23, n. 7, p. 1505-1529, 2014.
- HAGLUND, J.; JEPPSSON, F.; ANDERSSON, J. Young Children's Analogical Reasoning in Science Domains. *Science Education*, v. 96, n. 4, p. 725-756, 2012.
- HALLIDAY, Michael Alexander Kirwood. *Language as social semiotic: The social interpretation of language and meaning*. London: Edward Arnold, 1978.
- HARRISON, A. G.; JONG, O. Exploring the Use of Multiple Analogical Models When Teaching and Learning Chemical Equilibrium. *Journal of Research in Science Teaching*. v. 42, n. 10, p. 1135–1159, 2005.

- HARRISON, A. G.; TREAGUST, D. F. Teaching with Analogies: A Case Study in Grade-10 Optics. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 30, n. 10, p. 1291-1307, 1993.
- HARRISON, A.G.; TREAGUST, D.F. The Three States of Matter Are Like Students at School. *Australian Science Teachers Journal*, v. 40, n. 2, p. 20-23, 1994.
- HARRISON, A. G.; TREAGUST, D. F. Science Analogies: avoid misconceptions with this systematic approach. *The Science Teacher*, 61, p. 40-43, 1994.
- HODGE, Robert; KRESS, Gunther. *Social Semiotics*. Cambridge: Polity, 1988.
- HOFFMANN, M. B.; SCHEID, N. M. J. Analogias como ferramenta didática no ensino de biologia. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências* (Belo Horizonte), v.9, No.1, p.21-37. Jun 2007
- HOLYOAK, K. J.; THAGARD, P. Analogical Mapping by Constraint Satisfaction. *Cognitive Science*, v. 13, p. 295-355, 1989.
- HOLYOAK, K.J.; GENTNER, D.; KOKINOV, B.N. Introduction: The Place of Analogy in Cognition. In D. Gentner, K. J. Holyoak, & B. N. Kokinov (Eds.), *The analogical mind: Perspectives from cognitive science*. pp 1-19, Cambridge, MA: MIT Press, 2001.
- HULSHOF, H.; VERLOOP, N. The Use of Analogies in Language Teaching: Representing the Content of Teachers' Practical Knowledge. *Journal of Curriculum Studies*, v. 34, n. 1, p. 77-90, 2002.
- HUTCHISON, C.B.; PADGETT, B.L. How to Create and Use: Analogies Effectively in the Teaching of Science Concepts. *Science Activities: Classroom Projects and Curriculum Ideas*, v. 44, n. 2, p. 69-72, 2007.
- HWANG, S.; ROTH, W. The "Work" of Lecturing in High School Chemistry. *Cultural Studies of Science Education*, v. 8, n. 3, p. 683-708, 2013.
- JAEGER, A.J.; WILEY, J. Reading an Analogy Can Cause the Illusion of Comprehension. *Discourse Processes: A multidisciplinary journal*, v. 52, n. 5, p. 30, 2015.
- JAMES, M.C.; SCHARMANN, L.C. Using Analogies to Improve the Teaching Performance of Preservice Teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 44, n. 4, p. 565-585, 2007.
- JEWITT, C. (ed.) *The Routledge Handbook of Multimodal Analysis*, London: Routledge, 2009.
- JEWITT, C.; KRESS, G.; OGBORN, J.; TSATSARELIS, C. Exploring learning through visual, actional and linguistic communication: the multimodal environment of a science classroom. *Educational Review*, v. 53, n. 1, p. 5-18, 2001.
- KALOGERAKIS, K. et al. Developing Innovations Based on Analogies: Experience from Design and Engineering Consultants. *J Prod Innov Manag*, v. 27, p. 418-436, 2010.
- KELLY, S. D.; MANNING, S. M.; RODAK, S. Gesture Gives a Hand to Language and Learning: Perspectives from Cognitive Neuroscience, Developmental Psychology and Education. *Language and Linguistics Compass*, v. 2, n. 4, p. 569-588, 2008.
- KENDON, A. Some uses of gesture. In *Perspectives on Silence*, ed. D Tannen, M Saville-Troike, p. 215-234. Norwood, NJ: Ablex, 1985.
- KENDON, A. Gesture. *Annu. Rev. Anthropol.* v. 26, p. 109-28, 1997.
- KENDON, A. *Gesture: visible action as utterance*. Cambridge: Cambridge University Press, 2004. 400 p.
- KIPNIS, N. Scientific Analogies and Their Use in Teaching Science. *Science & Education*, v. 14, n. 3, 2005.

- KNAIN, E. Achieving Science Literacy through Transformation of Multimodal Textual Resources. *Science Education*, v. 90, n. 4, p. 656-659, 2006.
- KOVACEVIC, M.S.; DJORDJEVICH, A. A Mechanical Analogy for the Photoelectric Effect. *Physics Education*, v. 41, n. 6, p. 551-555, 2006.
- KRAPAS, S.; BORGES, A. M. Decaimento radioativo: uma analogia para o circuito RC. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*. v. 15, n. 1, p. 47-58, 1998.
- KRESS, G. *Multimodality: a social semiotic approach to contemporary communication*. London: Routledge, 2010.
- KRESS, G. *Partnerships in research: multimodality and ethnography*. *Qualitative Research*, v.11, n.3, p. 239-260, 2011.
- KRESS, G. *What is mode?* In: JEWITT, Carey. An introduction to multimodality. In C. Jewitt (ed.), *The Routledge Handbook of Multimodal Analysis*. London: Routledge, p. 54-67, 2009.
- KRESS, G.; JEWITT, C.; OGBORN, J.; TSATSARELIS, C. *Multimodal teaching and learning: The rhetorics of the science classroom*. London: Continuum, 2001.
- KRESS, G.; OGBORN, J.; MARTINS, I. A satellite view of language: some lessons from science classrooms. *Language Awareness*, 7(2 & 3): 69- 89, 1998.
- KRESS, G.; van LEEUWEN, T. *Reading images: the grammar of visual design*. London, Routledge, 1996.
- LABURÚ, C. E.; SILVA, O. H. M. Multimodos e múltiplas representações: fundamentos e perspectivas semióticas para a aprendizagem de conceitos científicos. *Investigações em Ensino de Ciências*. v. 16, n. 1, p. 7-33, 2011a.
- LABURÚ, C. E.; SILVA, O. H. M. O laboratório didático a partir da perspectiva da multimodalidade representacional. *Ciência & Educação* (Bauru), v.17, n. 3, p.721-734, 2011b.
- LAWSON, A. E. The importance of analogy: a prelude to the special issue. *Journal of Research in Science Teaching*. v. 30, n. 10, p. 1213-1214, 1993.
- LAWSON, A. E.; BAKER, W. P.; DIDONATO, L.; VERDI, M. P.; JOHNSON, M. A. The role of hypothetico-deductive reasoning and physical analogues of molecular interactions in conceptual change. *Journal Of Research In Science Teaching*. v. 30, n. 9, p. 1073-1085, 1993.
- LAWSON, D. I.; LAWSON, A. E. Neural Principles of Memory and a Neural Theory of Analogical Insight. *Journal of Research in Science Teaching*. v. 30, n. 10, p. 1327-1348, 1993.
- LEAL, M. C. Estudo piloto de transposição didática da cadeia alimentar. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*. v. 1, n. 2, 2001.
- LEMKE, Jay L. *Talking science: Language, learning and values*. New Jersey, Ablex, 1990.
- LIN, T. J. et al. Children's Use of Analogy during Collaborative Reasoning. *Child Development*, v. 83, n. 4, p. 1429-1443, 2012.
- LIPKENS, R.; HAYE, S. C. Producing and Recognizing Analogical Relations *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*. v. 91, n. 1, p. 105-126, 2009.
- LOPES, E. *Metáfora: da retórica à semiótica*. 1. ed. – São Paulo: Atual, 1986.
- LOPES, A. R. C. Conhecimento escolar em química: processo de mediação didática da ciência. *Química Nova*, v. 20, n. 5, p.563-568, 1997.
- LOPES, B.J. et al. Constructing and Using Multimodal Narratives to Research in Science Education: Contributions Based on Practical Classroom. *Research in Science Education*, v. 44, n. 3, p. 415-438, 2014.

- MAHARAJ-SHARMA, R.; SHARMA, A. Observations from Secondary School Classrooms in Trinidad and Tobago: Science Teachers' Use of Analogies. *Science Education International*, v. 26, n. 4, p. 557-572, 2015.
- MARCELOS, M.F.; NAGEM, R.L. Comparative Structural Models of Similarities and Differences between "Vehicle" and "Target" in Order to Teach Darwinian "Evolution". *Science & Education*, v. 19, n. 6, p. 25, 2010.
- MARQUEZ, C.; IZQUIERDO, M.; ESPINET, M. Multimodal Science Teachers' Discourse in Modeling the Water Cycle. *Science Education*, v. 90, n. 2, p. 202-226, 2006.
- MARKMAN, A. B.; GENTNER, D. Commonalities and differences in similarity comparisons. *Memory & Cognition*. v. 24, n. 2, p. 235-249, 1996.
- MARKMAN, A. B.; GENTNER, D. Structure mapping in the comparison process. *American Journal of Psychology*, v. 113, n. 4, p. 501-538, 2000.
- MARSHALL, F. Ketchup, Bicycle Pumps and Calculators. *Primary Science Review*, n. 97, p. 18-20, 2007.
- MARTINS, I.; PINHÃO, F. A análise do discurso e a pesquisa em ensino de ciências no Brasil: um levantamento da produção em periódicos entre 1998 e 2008. In: *Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, VII. Florianópolis, 8 nov. 2009.
- MARTINS, I.; OGBORN, J.; KRESS, G. Explicando uma Explicação. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 01, n. 1, p. 1-14, 1999.
- MAY, D. B.; HAMMER, D.; ROY, P. Children's Analogical Reasoning in a Third-Grade Science Discussion. *Science Education*. p. 316-330, 2006.
- MCNEILL, D. *Hand and Mind: what gestures reveal about thought*. Chicago: University of Chicago Press, 1992.
- MCNEILL, D. *Gesture & Thought*. Chicago: University of Chicago Press, 2005.
- MENDONÇA, P. C. C.; JUSTI, R. S.; OLIVEIRA, M. M. Analogias sobre ligações químicas elaboradas por alunos do ensino médio. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*. v. 6, n. 1, 2006.
- MÓL, Gerson de Souza. *O uso de analogias no ensino de Química*. Brasília: Universidade de Brasília – Instituto de Química, 1999. [Tese de Doutorado].
- MONTEIRO, I. G.; JUSTI, R. S. Analogias em livros didáticos de química brasileiros destinados ao ensino médio. *Investigações em Ensino de Ciências*. v. 5, n. 2, p. 67-91, 2000.
- MORO, L.; MORTIMER, E. F.; QUADROS, A. L.; COUTINHO, F. A.; SILVA, P. S.; PEREIRA, R. R.; SANTOS, V. C. Influência de um terceiro modo semiótico na gesticulação de uma professora de Química. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*. v. 15, n. 1, 2015.
- MORTIMER, E. F. et al. Interações entre Modos Semióticos e a Construção de Significados em Aulas de Ensino Superior. *Ensaio Pesquisas em Educação em Ciências* (Belo Horizonte), v.16, n. 3, p.121-146, 2014.
- 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*. v. 7(3), p. 283-306, 2002.
- MOZZER, N. B. *O ato criativo de comparar: um estudo das analogias elaboradas por alunos e professores de ciências*. Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte [Dissertação de Mestrado], 2008.

- MOZZER, N. B.; JUSTI, R. A elaboração de analogias como um processo que favorece a expressão de concepções de professores de Química. *Educación Química*, v. 24, n. número extraord. 1, p. 163-173, 2013a.
- MOZZER, N.B.; JUSTI, R. Science Teachers' Analogical Reasoning. *Research in Science Education*, v. 43, n. 4, p. 1689-1713, 2013b.
- MOZZER, N. B.; JUSTI, R. "Nem tudo que reluz é ouro": Uma discussão sobre analogias e outras similaridades e recursos utilizados no ensino de Ciências. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 15, n. 1, p. 123-147, 2015.
- NAGEM, R. L.; CARVALHAES, D. O.; DIAS, J. A. Y. T. Uma Proposta de Metodologia de Ensino com Analogias. *Revista Portuguesa de Educação*, 14(1): 197-213. Universidade do Minho, 2001.
- NAGEM, R. L.; MOREIRA, A. F.; TERAN, A. F.; SANTOS, S. C. S. O tabuleiro de xadrez mutilado como ferramenta para o ensino sobre a Matemática e a Ciência: uma proposta de reconstrução do modelo por analogia. *Experiências em Ensino de Ciências*. v. 5, n.1, p. 169-177, 2010.
- NEWBY, T. Learning Abstract Concepts: The Use of Analogies as a Mediation Strategy. *Journal of Instructional Development*, 10 (2): 20-26. 1987.
- NEWMAN, W.J. et al. Dilemmas of Teaching Inquiry in Elementary Science Methods. *Journal of Science Teacher Education*, v. 15, n. 4, p. 257-279, 11 2004.
- NIEBERT, K.; MARSCH, S.; TREAGUST, D.F. Understanding Needs Embodiment: A Theory-Guided Reanalysis of the Role of Metaphors and Analogies in Understanding Science. *Science Education*, v. 96, n. 5, p. 849-877, 09 2012.
- OGBORN, J.; KRESS, G.; MARTINS, I. e MCGUILLICUDDY, K. *Explaining science in the classroom*. Milton Keynes: Open University Press, 1996.
- OH, P.S. How Can Teachers Help Students Formulate Scientific Hypotheses? Some Strategies Found in Abductive Inquiry Activities of Earth Science. *International Journal of Science Education*, v. 32, n. 4, p. 541-560, 03 2010.
- ORGILL, M.; BODNER, G. M. An Analysis of the Effectiveness of Analogy Use in College-Level Biochemistry Textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*. v. 43, n. 10, p. 1040-1060, 2006.
- ORGILL, M.K.; THOMAS, M. Analogies and the 5E Model. *Science Teacher*, v. 74, n. 1, p. 40-45, 01 2007.
- OTERO, M. R. ¿Cómo usar analogías en clases de física? *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*. v. 14, n. 2, p. 179-187, 1997.
- PADALKAR, S.; RAMADAS, J. Designed and spontaneous gestures in elementary astronomy education. *International Journal of Science Education*, v. 33, n. 12, p. 1703-1739, 2011.
- PADILHA, J. N.; CARVALHO, A. M. P. Relações entre os gestos e as palavras utilizadas durante a argumentação dos alunos em uma aula de conhecimento físico. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*. v. 11, n. 2, 2011.
- PAGANINI, P.; JUSTI, R.; MOZZER, N. B. Mediadores na coconstrução do conhecimento de ciências em atividades de modelagem. *Ciência & Educação* (Bauru), v. 20, n. 4, p. 1019-1036, 2014.
- PEREIRA, A. G.; TERRAZAN, E. A. A multimodalidade em textos de popularização científica: contribuições para o ensino de ciências para crianças. *Ciência & Educação* (Bauru), v. 17, n. 2, p.489-503, 2011.
- PEREIRA, R. R.; MORTIMER, E. F.; MORO, L. Os Gestos Recorrentes e a Multimodalidade em Aulas de Química Orgânica no Ensino Superior. *Química Nova na Escola*. v. 37, Nº Especial 1, p. 43-54, 2015.

- PICCININI, C.; MARTINS, I. Comunicação multimodal na sala de aula de ciências: construindo sentidos com palavras e gestos. *Ensaio Pesquisas em Educação em Ciências* (Belo Horizonte), v.6, no.1, p.24-37, 2004.
- PITTMAN, K. M. Student-Generated Analogies: Another Way of Knowing? *Journal of Research in Science Teaching*. v. 36, n. 1, p. 1-22, 1999.
- POLMAN, J. L.; GEBRE, E. H. Towards Critical Appraisal of Infographics as Scientific Inscriptions. *Journal of Research in Science Teaching*. v. 52, n. 6, p. 868-893, 2015.
- POZZER-ARDENGI, L.; ROTH, W. On Performing Concepts during Science Lectures. *Science Education*, v. 91, n. 1, p. 96-114, 2007.
- QUEIROZ, G.; GUIMARÃES, L. A.; FONTE BOA, M. C. O professor artista-reflexivo de física, a pesquisa em ensino de física e a modelagem analógica. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*. v. 1, n. 3, 2001.
- RAMALHO, M. V. C.; SANTOS, M. B. L. Abordando a dinâmica de fluidos por uma via intuitiva, embora de validade restrita: princípio da superposição. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. v. 30, n. 4, 2008.
- RAVILOLO, A.; GARRITZ, A. Analogias no ensino de equilíbrio químico. *Química Nova na Escola*. n. 27, 2008.
- RICHARDSON, K.; WEBSTER, D. S. Analogical reasoning and the nature of context: a research note. *British Journal of Educational Psychology*. v. 66, p. 23-32, 1996.
- RICHLAND, L. E.; SIMMS, N. Analogy, higher order thinking, and education. *Cognitive Science*. v. 6, 2015.
- RIVET, A.E.; KASTENS, K.A. Developing a Construct-Based Assessment to Examine Students' Analogical Reasoning around Physical Models in Earth Science. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 49, n. 6, p. 713-743, 2012.
- ROTH, W. M. From gesture to scientific language. *Journal of Pragmatics*, v.32, p.1683-1714, 2000.
- ROTH, W. M.; LAWLESS, D. Science, Culture, and the Emergence of Language. *Science Education*. v. 86, p. 368-385, 2002.
- ROTH, W. M.; WELZEL, M. From Activity to Gestures and Scientific Language. *Journal of Research in Science Teaching*. v. 38, n. 1, p. 103-136, 2001.
- ROTH, W.; TOBIN, K. Solidarity and Conflict: Aligned and Misaligned Prosody as a Transactional Resource in Intra- and Intercultural Communication Involving Power Differences. *Cultural Studies of Science Education*, v. 5, n. 4, p. 807-847, 12 2010.
- RULE, A. C.; FURLETTI, C. Using Form and Function Analogy Object Boxes to Teach Human Body Systems. *School Science and Mathematics*. v. 104(4), p. 155-169, 2004.
- SAAT, R.M.; OTHMAN, J. Meeting Linguistic Challenges in the Science Classroom: Pre-Service ESL Teachers' Strategies. *Asia Pacific Journal of Education*, v. 30, n. 2, p. 185-197, 2010.
- SANTOS, D. B.; INFANTE-MALAQUIAS, M. E. Utilização do modelo didático analógico (MDA) no ensino de ciências: uma experiência sobre a estrutura da terra. *Experiências em Ensino de Ciências*. v. 8, n. 2, 2013.
- SANTOS, A. C. F.; NUNES, L. N. Utilizando analogias para a visualização de equipotenciais com uma planilha de dados. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 35, n. 2, 2013.
- SANTOS, G. C.; SOUZA, J. F. C. *Acesso às bases de dados de Educação e áreas afins: navegando no conhecimento*. [Revisão de texto] Ana Archangelo. – Campinas, SP: FE/UNICAMP, 2010. (Série:

Manuais técnicos BFE; n.4). Disponível em:

<<http://cutter.unicamp.br/document/?Code=42991>> Acesso em: 28 mar 2016.

SANTOS, S. C. S.; TERAN, A. F.; SILVA-FORSBERG, M. C. Analogias em livros didáticos de Biologia no ensino de zoologia. *Investigações em Ensino de Ciências*. v. 15, n. 3, p. 591-603, 2011.

SCHWARTZ, D. L. The Construction and Analogical Transfer of Symbolic Visualizations. *Journal of Research in Science Teaching*. v. 30, n. 10, p. 1309-1325, 1993.

SCOTT, P. H.; MORTIMER, E. F.; AGUIAR, O. The tension between authoritative and dialogic discourse: a fundamental characteristic of meaning making interactions in high school science lessons. *Science Education*, 90, 605- 631, 2006.

SILVA, C. A. S.; MARTINS, M. I. Analogias e metáforas nos livros didáticos de Física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*. v. 27, n. 2, p. 255-287, 2010.

SILVA, C. C. The Role of Models and Analogies in the Electromagnetic Theory: A Historical Case Study. *Science & Education*, v. 16, n. 7, p. 14, 08 2007.

SILVA, L. L.; PIMENTEL, N. L.; TERRAZZAN, E. As analogias na revista de divulgação científica Ciência Hoje das crianças. *Ciência & Educação* (Bauru), vol.17, no.1, p.163-181, 2011.

SILVA, L. L.; TERRAZZAN, E. A. Correspondências estabelecidas e diferenças identificadas em atividades didáticas baseadas em analogias para o ensino de modelos atômicos. *Experiências em Ensino de Ciências*. v.3, n.2, p. 21-37, 2008.

SILVA, L. L.; TERRAZZAN, E. Familiaridade de alunos de ensino médio com situações análogas. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*. v. 26, n. 1, p. 145-172, 2009.

SILVA, L. L.; TERRAZZAN, E. A. As analogias no ensino de conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais em aulas de Física do ensino médio. *Experiências em Ensino de Ciências*. v. 6, n.1, p. 133-154, 2011.

SIRY, C.; ZIEGLER, G.; MAX, C. "Doing Science" Through Discourse-in-Interaction: Young Children's Science Investigations at the Early Childhood Level. *Science Education*. v. 96, p.311-336, 2012.

SOUZA, A. L. V.; CAMPOS, M. L.; BENITE, A. M. C. Estudos sobre a Utilização da Comunicação Não Verbal na Aula de Química. *Química Nova na Escola*. v. 36, n. 2, p. 150-161, 2014.

SOUZA, G. P. et al. Imagens, analogias, modelos e charge: distintas abordagens no ensino de química envolvendo o tema polímeros. *Química Nova na Escola*. 2014.

SOUZA, S. C.; ALMEIDA, M. J. P. M. A fotossíntese no ensino fundamental: compreendendo as interpretações dos alunos. *Ciência & Educação* (Bauru), v. 8, n. 1, p.97 - 111, 2002.

SOUZA, V. C. A.; JUSTI, R. S.; FERREIRA, P. F. M. Analogias utilizadas no ensino dos modelos atômicos de Thomson e Bohr: uma análise crítica sobre o que os alunos pensam a partir delas. *Investigações em Ensino de Ciências*. v. 11, n. 1, p. 7-28, 2006.

STAVY, R. Using Analogy to Overcome Misconceptions about Conservation of Matter. *Journal of Research in Science Teaching*. v. 28, n. 4, p. 305-313, 1991.

STAVY, R.; TIROSH, D. When Analogy is Perceived as Such. *Journal of Research in Science Teaching*. v. 30, n. 10, p. 1229-1239, 1993.

STEFANICH, G.P. Reflections on Elementary School Science. *Journal of Elementary Science Education*, v. 4, n. 2, p. 13-22, 1992.

STEWART, I.; BARNES-HOLMES, D.; ROCHE, B.; SMEETS, P. M. A functional-analytic model of analogy: a relational frame analysis. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*. v. 78, n. 3, p. 375-396, 2002.



- SUTHAKARAN, V. Using Analogies to Enhance Self-Awareness and Cultural Empathy: Implications for Supervision. *Journal of Multicultural Counseling and Development*. v. 39, p. 206-217, 2011.
- TABER, K.S. When the Analogy Breaks Down: Modelling the Atom on the Solar System. *Physics Education*, v. 36, n. 3, p. 222-226, 2001.
- TANG, K. Instantiation of Multimodal Semiotic Systems in Science Classroom Discourse. *Language Sciences*, v. 37, p. 22-35, 2013.
- TECK, W.K. Affordances of Interactive Whiteboards and Associated Pedagogical Practices: Perspectives of Teachers of Science with Children Aged Five to Six Years. *Turkish Online Journal of Educational Technology TOJET*, v. 12, n. 1, p. 1-8, 01 2013.
- THAGARD, P. Analogy, Explanation, and Education. *Journal of Research in Science Teaching*. v. 29, n. 6, p. 537-544, 1992.
- THIELE, R.; TREAGUST, D. An interpretative examination of high school chemistry teachers' analogical explanations. *Journal of Research in Science Teaching*, 31 (3), 227- 242, 1994.
- THIELE, R.; TREAGUST, D. Analogies in chemistry textbooks. *International Journal of Science Education*, 17 (6), pp.783-795, 1995.
- TIERNEY, D. S. How teachers explain things: metaphoric representation of social studies concepts. *Annual Meeting of the American Educational Research Association*, 1988.
- TREAGUST, D.; DUIT, R.; JOSLIN, P.; LINDAUER, I. Science Teachers' Use of Analogies: Observations from Classroom Practice. *International Journal of Science Education*, 14 (4), 413-422, 1992.
- TREAGUST, D.F.; DUIT, R. On the Significance of Conceptual Metaphors in Teaching and Learning Science: Commentary on Lancor; Niebert and Gropengiesser; and Fuchs. *International Journal of Science Education*, v. 37, n. 5, p. 8, 2015.
- TRENCH, M.; MINERVINO, R. A. The Role of Surface Similarity in Analogical Retrieval: Bridging the Gap between the Naturalistic and the Experimental Traditions. *Cognitive Science*. v. 39, p. 1292-1319, 2015.
- TREVISAN, M. D.; CARNEIRO, M; C. Uma descrição semiótica da metáfora no ensino de biologia: asserções sobre a célula animal. *Investigações em Ensino de Ciências*. v. 14, n. 3, p. 479-496, 2009.
- VARELAS, M. et al. Drama Activities as Ideational Resources for Primary-Grade Children in Urban Science Classrooms. *Journal of Research in Science Teaching*. v. 47, n. 3, p. 302-325, 2010.
- VENVILLE, G. J.; TREAGUST, D. F. The role of analogies in promoting conceptual change in biology'. *Instructional Science*, 24, p. 295-320, 1996.
- VILLANI, A.; BAROLLI, E.; CABRAL, T. C. B.; FAGUNDES, M. B.; YAMAZAKI, S. C. Filosofia da ciência, história da ciência e psicanálise: analogias para o ensino de ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*. v. 14, n.1, p. 37-55, 1997.
- WEBB, M.J. Analogies and Their Limitations. *School Science and Mathematics*, v. 85, n. 8, p. 645-650, 1985.
- WERTSCH, James. *Vygotsky y la formación social de la mente*. Barcelona: Paidós, 1988.
- WILBERS, J.; DUIT, R. On the micro-structure of analogical reasoning: the case of understanding chaotic systems. In: BEHRENDT, H. et al. *Research in Science Education- Past, Present and Future*. Netherlands: Kluwer Academic Publisher. p. 205-210, 2001.
- WILSON, A. A. Moving Beyond the Page in Content Area Literacy: Comprehension Instruction for Multimodal Texts in Science. *The Reading Teacher*, v. 62, n. 2, p. 153-156, 2008.

- WILSON, A. A. A Typology of Actional-Operational Modes in Earth Science and Implications for Science Literacy Instruction. *Science Education*. v. 97, p. 524–549, 2013.
- WONG, E. D. Self-Generated Analogies as a Tool for Constructing and Evaluating Explanations of Scientific Phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*. v. 30, n. 4, p. 367-380, 1993a.
- WONG, E. D. Understanding the Generative Capacity of Analogies as a Tool for Explanation. *Journal of Research in Science Teaching*. v. 30, n. 10, p. 1259-1272, 1993b.
- YANOWITZ, K. L. Using Analogies to Improve Elementary School Students' Inferential Reasoning About Scientific Concepts. *School Science and Mathematics*. v. 101(3), p. 133-142, 2001.
- YERRICK, R. K. et al. Social Interaction and the Use of Analogy: An Analysis of Preservice Teachers' Talk during Physics Inquiry Lessons. *Journal of Research in Science Teaching*. v. 40, n. 5, p. 443–463, 2003.
- YILMAZ, S.; ERYILMAZ, A.; GEBAN, O. Assessing the Impact of Bridging Analogies in Mechanics. *School Science and Mathematics*. v. 106, n. 6, p. 220-230, 2006.
- ZAMBON, L. B.; TERRAZZAN, E. A.; Analogias produzidas por alunos do ensino médio em aulas de física. *Revista Brasileira de Ensino Física*. vol.35, no.1, p.1-5, 2013.
- ZHANG, Y. Multimodal Teacher Input and Science Learning in a Middle School Sheltered Classroom. *Journal of Research in Science Teaching*. v. 53, n. 1, p. 7–30, 2016.
- ZHENG, R. Z.; YANG, W.; GARCIA, D.; MCCADDEN, E. P. Effects of multimedia and schema induced analogical reasoning on science learning. *Journal of Computer Assisted Learning*. v. 24, p. 474–482, 2008.
- ZOMPERO, A. F; LABURÚ, C. E. Significados de fotossíntese apropriados por alunos do ensino fundamental a partir de uma atividade investigativa mediada por multimodos de representação. *Investigações em Ensino de Ciências*. v. 16, n. 2, p. 179-199, 2011.

## APÊNDICES

### APÊNDICE A – CARTA DE ANUÊNCIA APRESENTADA À INSTITUIÇÃO DE ENSINO

Eu, Rosani Lúcia Soares Lima, diretora da Faculdade Pitágoras, Campus de Belo Horizonte, Unidade Timbiras, que se localiza na Rua Timbiras, número 1375, no bairro Funcionários, na cidade de Belo Horizonte, em Minas Gerais, autorizo a condução da pesquisa intitulada “*A construção de analogias em uma sala de aula de Química por meio de interações multimodais*”, nessa instituição. Essa autorização leva em consideração as seguintes informações:

- 1) Esta pesquisa é de autoria e responsabilidade do professor Alexandre da Silva Ferry, aluno de Doutorado do Programa de Pós-graduação da Faculdade de Educação (FaE) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), sob a orientação do Prof. Dr. Helder de Figueirêdo e Paula, professor do Colégio Técnico e do Programa de Pós-graduação da FaE/UFMG.
- 2) Os estudantes serão informados dos objetivos da pesquisa e terão a liberdade para autorizar ou não a participação nessa pesquisa, mediante a assinatura de um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.
- 3) Os registros em áudio e vídeo das sequências de ensino e das atividades didáticas, bem como os provenientes de questionários ou entrevistas que porventura forem realizadas com o professor, a depender da autorização dos mesmos, serão utilizados exclusivamente para fins de pesquisa e os sujeitos participantes não serão, em momento algum, identificados.
- 4) Os Termos de Consentimentos Livres e Esclarecidos, antes de serem apresentados ao professor sujeito da pesquisa e aos estudantes participantes, foram devidamente apresentados e lidos pela equipe da direção da instituição.

Abaixo estão os dados relativos a este projeto e os contatos dos pesquisadores envolvidos que também poderão ser diretamente consultados em caso de dúvidas ou reclamações.

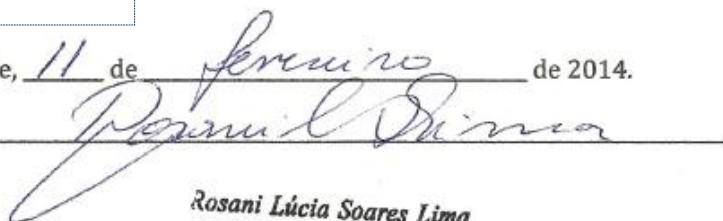
**TÍTULO DO PROJETO:** *A construção de analogias em uma sala de aula de Química por meio de interações multimodais.*

**Pesquisador:** Prof. Alexandre da Silva Ferry. E-MAIL: [alexandre\\_ferry@hotmail.com](mailto:alexandre_ferry@hotmail.com).  
**INSTITUIÇÃO:** Faculdade Pitágoras de Belo Horizonte/Curso de Farmácia. Telefone para contato: (31)

**Pesquisador responsável:** Prof. Dr. Helder de Figueirêdo e Paula (Orientador) E-MAIL: [helder100@gmail.com](mailto:helder100@gmail.com).  
**INSTITUIÇÃO:** Colégio Técnico da UFMG/Setor de Física. Telefone para contato: (31)

Belo Horizonte, 11 de fevereiro de 2014.

Assinatura: \_\_\_\_\_



Rosani Lúcia Soares Lima  
Diretora - Campus Timbiras  
Faculdade Pitágoras - BH

## **APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO APRESENTADO AO PROFESSOR**

### **Título do Projeto: “A construção de analogias em uma sala de aula de Química por meio de múltiplos recursos de comunicação”**

Pesquisador Responsável: Prof. Dr. Helder de Figueiredo e Paula

e-mail: helder100@gmail.com / fone: (31) XXXX-XXXX

Pesquisador Co-responsável: Alexandre da Silva Ferry

e-mail: alexandre\_ferry@hotmail.com / fone: (31) XXXX-XXXX

#### **1. Esta seção fornece informações acerca do estudo para o qual você está sendo convidado a participar:**

- A. Você está sendo convidado a participar de uma pesquisa que irá investigar como você, na condição de um professor experiente, constrói analogias para ensinar Química por meio de múltiplos recursos de comunicação (fala, imagens, interação com objetos, movimentos corporais, gestos, entre outros). Os resultados deste trabalho poderão contribuir para a melhoria do ensino de Química mediante a ampliação do conhecimento atualmente disponível sobre o papel das analogias no ensino e sobre a maneira como elas são usadas e construídas em sala de aula.
- B. Em caso de dúvida sobre a realização da pesquisa, você pode entrar em contato direto com os pesquisadores responsáveis por meio dos telefones e endereços eletrônicos fornecidos neste documento. Caso seja necessário obter esclarecimentos que não puderem ser fornecidos por esses pesquisadores, você pode entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa (COEP) da Universidade Federal de Minas Gerais pelo telefone (31) 3409-4592 ou pelo endereço: Avenida Antônio Carlos, 6627 – Unidade Administrativa II – 2º andar, sala 2005 – Campus Pampulha, Belo Horizonte, MG – CEP: 31270-901.
- C. Nas publicações ou apresentações destinadas à divulgação dos resultados da pesquisa, será necessária a exibição de imagens capturadas a partir das gravações em vídeo para representar aspectos como sua gesticulação e postura corporal, além de eventuais reações dos estudantes a esses recursos de comunicação. Ainda assim, não haverá exposição de nomes ou imagens que identifiquem os participantes da pesquisa, visto que todas as imagens a serem divulgadas serão, previamente, tratadas, de modo a garantir o anonimato dos participantes. Nem mesmo a escola em que você trabalha será diretamente identificada, quando ocorrer a divulgação dos resultados da pesquisa. Apenas os pesquisadores responsáveis terão acesso a informações que permitem identificar a instituição e os sujeitos participantes da pesquisa.
- D. Se você concordar em participar deste estudo, um dos pesquisadores irá: (i) fazer cópias de algumas atividades realizadas nas aulas; (ii) observar as aulas durante um período não superior a três meses e fazer anotações em um caderno de campo durante este período; (iii) registrar aulas em gravações de áudio e vídeo que ficarão sob a guarda dos pesquisadores em um local seguro e de acesso restrito. Nós lhe garantimos que apenas esses pesquisadores terão acesso a esses registros e que os mesmos serão destruídos, sem exceção, após um período de 5 anos.

- E. Esta pesquisa destina-se ao estudo do uso de analogias para ensinar Química e está orientada para alterar, o mínimo possível, a rotina da sala de aula.
- F. Em função da garantia dada acima, os pesquisadores consideram que não há grandes riscos associados a um eventual consentimento de sua parte em participar da pesquisa. Ou seja, não há nenhum risco específico e facilmente identificável para a sua saúde física ou mental, além daqueles encontrados normalmente no dia-a-dia.

**2- Esta seção descreve os seus direitos como participante desta pesquisa:**

- G. A qualquer momento, você pode fazer perguntas aos pesquisadores, que têm a obrigação de prestar os devidos esclarecimentos sobre a pesquisa.
- H. A sua participação é voluntária. Você é livre para deixar de participar da pesquisa a qualquer momento, sem necessidade de apresentar justificativas e sem qualquer chance de constrangimento ou punição por parte do professor ou da escola onde você estuda.

**3- Esta seção indica que você está dando seu consentimento para participar da pesquisa:**

O pesquisador Alexandre da Silva Ferry, aluno do curso de Doutorado em Educação: Conhecimento e Inclusão Social da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), e seu orientador, Professor Dr. Helder de Figueiredo e Paula solicitaram a minha participação no estudo intitulado “A construção de analogias em uma sala de aula de Química por meio de múltiplos recursos de comunicação”. Eu li e compreendi as informações fornecidas acerca dos procedimentos de pesquisa. Eu aceito participar desta pesquisa. Portanto, dou meu consentimento para participar como voluntário na pesquisa.

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

Nome legível: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_

**Pesquisadores:**

Eu garanto que este termo de consentimento será seguido e que responderei, da melhor maneira possível, a quaisquer questões que o(a) participante me apresentar.

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Orientador da pesquisa  
Prof. Dr. Helder de Figueiredo e Paula (COLTEC/ Setor de Física)  
e-mail: helder100@gmail.com  
fone: (31) XXXX-XXXX

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Pesquisador co-responsável  
Alexandre da Silva Ferry  
e-mail: alexandre\_ferry@hotmail.com  
fone: (31) XXXX-XXXX

## **APÊNDICE C – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO APRESENTADO AOS ESTUDANTES**

### **Título do Projeto: “A construção de analogias em uma sala de aula de Química por meio de múltiplos recursos de comunicação”**

Pesquisador Responsável: Prof. Dr. Helder de Figueiredo e Paula  
e-mail: helder100@gmail.com / fone: (31) XXXX-XXXX  
Pesquisador Co-responsável: Alexandre da Silva Ferry  
e-mail: alexandre\_ferry@hotmail.com / fone: (31) XXXX-XXXX

#### **1. Esta seção fornece informações acerca do estudo para o qual você está sendo convidado a participar:**

- A. Você está sendo convidado(a) a participar de uma pesquisa que irá investigar como um professor experiente constrói analogias para ensinar Química por meio de múltiplos recursos de comunicação (fala, imagens, interação com objetos, movimentos corporais, gestos, entre outros). Os resultados deste trabalho poderão contribuir para a melhoria do ensino de Química mediante a ampliação do conhecimento atualmente disponível sobre o papel das analogias no ensino e sobre a maneira como elas são usadas e construídas em sala de aula.
- B. Em caso de dúvida sobre a realização da pesquisa, você pode entrar em contato direto com os pesquisadores responsáveis por meio dos telefones e endereços eletrônicos fornecidos neste documento. Caso seja necessário obter esclarecimentos que não puderem ser fornecidos por esses pesquisadores, você pode entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa (COEP) da Universidade Federal de Minas Gerais pelo telefone (31) 3409-4592 ou pelo endereço: Avenida Antônio Carlos, 6627 – Unidade Administrativa II – 2º andar, sala 2005 – Campus Pampulha, Belo Horizonte, MG – CEP: 31270-901.
- C. Nas publicações ou apresentações destinadas à divulgação dos resultados da pesquisa, será necessária a exibição de imagens capturadas a partir das gravações em vídeo para representar aspectos como a gesticulação e a postura corporal do professor e eventuais reações dos estudantes a esses esforços de comunicação. Ainda assim, não haverá exposição de nomes ou imagens que identifiquem os participantes da pesquisa, visto que todas as imagens a serem divulgadas serão, previamente, tratadas de modo a garantir o anonimato dos participantes. Nem mesmo a escola em que você trabalha será diretamente identificada, quando ocorrer a divulgação dos resultados da pesquisa. Apenas os pesquisadores responsáveis terão acesso a informações que permitem identificar a instituição e os sujeitos participantes da pesquisa.
- D. Se você concordar em participar deste estudo, um dos pesquisadores irá: (i) fazer cópias de algumas atividades realizadas nas aulas; (ii) observar as aulas durante um período não superior a três meses e fazer anotações em um caderno de campo durante este período; (iii) registrar aulas em gravações de áudio e vídeo que ficarão sob a guarda dos pesquisadores em um local seguro e de acesso restrito. Nós lhe garantimos que apenas

esses pesquisadores terão acesso a esses registros e que os mesmos serão destruídos, sem exceção, após um período de 5 anos.

- E. Nenhum desses instrumentos de pesquisa irá alterar em demasia a rotina da sala de aula e nenhum recurso ou estratégia de ensino será concebido, exclusivamente, para fins de pesquisa. Essa atividade de pesquisa destina-se ao estudo de analogias usadas por seu professor para ensinar Química e não envolve a alteração artificial do ambiente de ensino aprendizagem promovido pelo professor.
- F. Em funções da garantia dada acima, os pesquisadores consideram que não há grandes riscos associados a um eventual consentimento de sua parte em participar da pesquisa. Ou seja, não há nenhum risco específico e facilmente identificável para a sua saúde física ou mental, além daqueles encontrados normalmente no dia-a-dia.

**2- Esta seção descreve os seus direitos como participante desta pesquisa:**

- G. A qualquer momento, você pode fazer perguntas aos pesquisadores, que têm a obrigação de prestar os devidos esclarecimentos sobre a pesquisa.
- H. A sua participação é voluntária. Você é livre para deixar de participar da pesquisa a qualquer momento, sem necessidade de apresentar justificativas e sem qualquer chance de constrangimento ou punição por parte do professor ou da escola onde você estuda.

**3- Esta seção indica que você está dando seu consentimento para participar da pesquisa:**

O pesquisador Alexandre da Silva Ferry, aluno do curso de Doutorado em Educação: Conhecimento e Inclusão Social da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), e seu orientador, Professor Dr. Helder de Figueiredo e Paula solicitaram a minha participação no estudo intitulado “A construção de analogias em uma sala de aula de Química por meio de múltiplos recursos de comunicação”. Eu li e compreendi as informações fornecidas acerca dos procedimentos de pesquisa. Eu aceito participar desta pesquisa. Portanto, dou meu consentimento para participar como voluntário na pesquisa.

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

Nome legível: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_

**Pesquisadores:**

Eu garanto que este termo de consentimento será seguido e que responderei, da melhor maneira possível, a quaisquer questões que o(a) participante me apresentar.

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Orientador da pesquisa  
Prof. Dr. Helder de Figueiredo e Paula (COLTEC/ Setor de Física)  
e-mail: helder100@gmail.com  
fone: (31) XXXX-XXXX

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Pesquisador co-responsável  
Alexandre da Silva Ferry  
e-mail: alexandre\_ferry@hotmail.com  
fone: (31) XXXX-XXXX

## APÊNDICE D – ESTRUTURAS RELACIONAIS COMUNS DAS ANALOGIAS MAPEADAS NA SEÇÃO 5.2

Apresentamos neste apêndice as estruturas relacionais comuns das analogias construídas pelo professor durante as aulas do 5º encontro semanal que nós acompanhamos. Ou seja, apresentamos aqui somente as estruturas relacionais comuns daquelas comparações com foco relacional.

### ***Estrutural relacional comum da analogia B***

Expressão única:  $r_1 [A_1(E_2), E_1]$

### ***Estrutural relacional comum da analogia C***

Expressão única:  $R_1 [r_1 (E_1, E_2), A_1 (E_1)]$

### ***Estrutural relacional comum da analogia D***

Expressão única:  $R_1 [r_1 (E_1, E_2), A_1 (E_2)]$

### ***Estrutural relacional comum da analogia F***

1ª expressão:  $R_8 \{R_7 [R_2 (r_1 (E_3, E_1), A_1 (E_3)), A_2(E_1)], A_3 (E_1)\}$

2ª expressão:  $R_6 \{R_2 [r_1 (E_3, E_1), A_1 (E_3)], A_2 (E_1)\}$

3ª expressão:  $R_5 \{R_2 [r_1 (E_3, E_1), A_1 (E_3)], R_1 [r_1 (E_3, E_1), A_1 (E_3)]\}$

4ª expressão:  $R_4 \{R_3 [R_1 (r_1(E_3, E_1), A_1(E_3)), R_2(r_1(E_3, E_1), A_1(E_3)), E_2], R_2 (r_1(E_3, E_1), A_1(E_3))\}$

### ***Estrutural relacional comum da analogia G***

Expressão única:  $r_1 [A_1(E_1), A_2(E_1)]$

### ***Estrutural relacional comum da analogia H***

1ª expressão:  $R_2 \{A_3(E_2), r_1 [A_1(E_1), A_3(E_2)]\}$

2ª expressão:  $R_1 \{r_3 [A_1(E_1), A_2(E_2)], A_3(E_2)\}$

Observação: A relação de primeira ordem  $r_2$  do quadro 27 não compôs a estrutura relacional da analogia H.



***Estrutural relacional comum da analogia I***

1ª expressão:  $R_2 [r_1 (E_2, E_1, E_3), r_2 (E_1, E_2, E_3)]$

2ª expressão:  $R_1 [r_2 (E_1, E_2, E_3), A_1(E_2)]$

***Estrutural relacional comum da analogia J***

Expressão única:  $R_1 \{r_1 [A_1(E_1), E_3], r_2 [E_4, A_2(E_2)]\}$

Observação: A diferença alinhável mapeada como  $r_3$  não compôs a estrutural relacional da analogia J.

***Estrutural relacional comum da analogia M***

1ª expressão:  $R_9 \{R_8 [R_2 (r_1(E_2, E_1, E_3), r_2(E_1, E_2, E_3), E_5), R_7 [R_1 (r_2(E_1, E_2, E_3), A_1(E_2)), R'_2 (r_1(E_2, E_1, E_3), r_2(E_1, E_2, E_3)), A_2(E_3), E_5), r_3[A_2(E_3), E_5]]\}$

2ª expressão:  $R_6 \{R_1 [r_2(E_1, E_2, E_3), A_1(E_2)], E_4, A_2[E_3]\}$

3ª expressão:  $R_5 \{R_4 [R_2 (r_1(E_2, E_1, E_3), r_2(E_1, E_2, E_3)), E_4], A_2[E_3]\}$

4ª expressão:  $R_3 \{R_1 [r_2(E_1, E_2, E_3), A_1(E_2)], A_2[E_3]\}$

## ANEXOS

### ANEXO A – PARECER EMITIDO PELO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA DA UFMG

Parecer impresso a partir da Plataforma Brasil:

17/11/2015

Plataforma Brasil

Saúde



Alexandre da Silva Ferry - |V3.0

Sua sessão expira em: 38min 04

Você está em: Público > Confirmar Aprovação pelo CAAE ou Parecer

#### CONFIRMAR APROVAÇÃO PELO CAAE OU PARECER

Informe o número do CAAE ou do Parecer:

Número do CAAE:  Número do Parecer:

*Esta consulta retorna somente pareceres aprovados. Caso não apresente nenhum resultado, o número do parecer informado não é válido ou não corresponde a um parecer aprovado.*

#### DETALHAMENTO

Título do Projeto de Pesquisa:

Número do CAAE:

Número do Parecer:

Quem Assinou o Parecer:

Pesquisador Responsável:

Data Início do Cronograma:

Data Fim do Cronograma:

Contato Público:

Este sistema foi desenvolvido para os navegadores Internet Explorer (versão 7 ou superior),  
ou Mozilla Firefox (versão 9 ou superior).