



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

CRISTIANE APARECIDA CORRÊA

**APRENDIZAGEM DA CONSERVAÇÃO DA ENERGIA
MECÂNICA À LUZ DA LEITURA CONOTATIVA DE UM
SIGNO ARTÍSTICO**

CRISTIANE APARECIDA CORRÊA

**APRENDIZAGEM DA CONSERVAÇÃO DA ENERGIA
MECÂNICA À LUZ DA LEITURA CONOTATIVA DE UM
SIGNO ARTÍSTICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Laburú

Londrina
2016

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de
Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Corrêa, Cristiane Aparecida.

Aprendizagem da conservação da energia mecânica à luz da leitura conotativa de um
signo artístico / Cristiane Aparecida Corrêa. - Londrina, 2016.
133 f.

Orientador: Carlos Eduardo Laburú.

Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) - Universidade
Estadual de Londrina, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Ensino
de Ciências e Educação Matemática, 2016.

Inclui bibliografia.

1. Ensino de ciências - Tese. 2. Signo artístico - Tese. 3. Interações discursivas - Tese.
4. Conservação da energia mecânica - Tese. I. Laburú, Carlos Eduardo. II. Universidade
Estadual de Londrina. Centro de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Ensino
de Ciências e Educação Matemática. III. Título.

CRISTIANE APARECIDA CORRÊA

**APRENDIZAGEM DA CONSERVAÇÃO DA ENERGIA MECÂNICA À
LUZ DA LEITURA CONOTATIVA DE UM SIGNO ARTÍSTICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Laburú
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Prof. Dr. Alcides Goya
Universidade Tecnológica Federal do Paraná –
UTFPR

Profa. Dra. Maria Inês Nobre Ota
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Londrina, 12 de agosto de 2016.

AGRADECIMENTOS

AGRADECIMENTOS

A conclusão desse trabalho só foi possível graças à ajuda e disponibilidade de várias pessoas com quem tive a honra e o prazer de conviver; não poderia de deixar de agradecer a todos que trilharam comigo esse caminho e que, com certeza, deixaram um pouco de si.

Primeiro agradeço a Deus por estar sempre ao meu lado, me amparando nos momentos difíceis, por ter colocado em meu caminho pessoas tão especiais, que não mediram esforços para me auxiliar nesta caminhada.

Aos meus familiares, por ouvirem as minhas lamentações e compreenderem minhas ausências. Ao meu pai, pelo amor e carinho, e à minha mãe (*in memoriam*), pelo amor, carinho, orações e incentivos. Que falta você me faz! Mãe, amor eterno! À minha irmã, Camila, pela paciência nos momentos de estresse. Aos meus irmãos queridos. À minha cunhada, Elaine, que, juntamente com meu irmão, Eduardo, não mediu esforços para me ajudar. Obrigada, pelos incentivos e apoio nos momentos de cansaço e desânimo. Aos meus preciosos e queridos sobrinhos. Às minhas tias, pelo incentivo, carinho e apoio. Muito obrigada!

Ao meu namorado, João Carlos, por estar sempre ao meu lado, me incentivando a percorrer este caminho, por compartilhar alegrias e angústias, estendendo sua mão amiga em momentos difíceis, por compreender minhas ausências em razão dos estudos.

A todos do Colégio Estadual Dr. Ubaldino do Amaral, que compartilharam comigo momentos de alegrias e angústias. Obrigada pelos incentivos, sugestões! Pela ajuda, pois foram muitas para que eu concluísse essa etapa, embora, muitas vezes, se encontrassem assoberbados pelo trabalho escolar. Obrigada, família Ubaldino! Tenho muito orgulho de fazer parte dessa instituição de ensino!

Aos colegas do grupo de pesquisa (Adriana, Daniel, Elaine, Fernanda, Josiane, Keila, Lucas, Marcela, Mariana, Maysa, Renata, Paulo e Wanda); é muito difícil transformar sentimentos em palavras. Sou grata a vocês, que compartilharam comigo esses momentos de aprendizado, que foram imprescindíveis para a realização e conclusão deste trabalho. Agradeço ao Daniel e à Mariana, “companheiros de viagem”, pelas conversas, sugestões e incentivos. E em especial à Fernanda (Fer), com me identifiquei muito desde o primeiro dia de aula. Fer,

obrigada pelo apoio constante, pela confiança e amizade!

Ao Marcelo, que conheci em função da Fer, por ter me socorrido com as inúmeras e preciosas correções. Obrigada pela colaboração!

À minha colega, amiga Nancy, companheira, que não mediu esforços para contribuir com essa pesquisa, que, mesmo com muitos afazeres, me auxiliou. Obrigada pelas valiosas contribuições e sugestões. Sou imensamente grata!

Ao corpo docente do PECEM-UDEL, em especial aos que foram meus professores (Álvaro, Irinéa, Laburú, Marinez, Regina, Sérgio), pelo aprendizado e incentivo à pesquisa.

Aos Professores Alcides Goya e Maria Inês Nobre Ota, membros da Banca Examinadora, por terem atendido ao convite para desempenhar este papel, dispondo de seu tempo e conhecimento para analisar este trabalho. Obrigada, pelas brilhantes considerações que guiaram a elaboração final deste estudo!

Ao meu orientador, Prof. Dr. Carlos Eduardo Laburú, pela confiança, incentivo e excelente orientação. Só tenho a agradecer aos seus ensinamentos, orientações, puxões de orelha, paciência e dedicação. Você é uma pessoa ímpar, um exemplo de competência! Obrigada pela oportunidade!

Enfim, a todos que, de uma maneira ou de outra, contribuíram para realização e finalização desse trabalho.

*A Deus, a minha família
e ao meu namorado*

*“Ninguém ignora tudo. Ninguém sabe tudo. Todos nós sabemos alguma coisa.
Todos nós ignoramos alguma coisa. Por isso aprendemos sempre”.*

Paulo Freire

CORRÊA, C. A. **Aprendizagem da Conservação da Energia Mecânica à luz da Leitura Conotativa de um Signo Artístico**. 2016. p. 133 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2016.

RESUMO

A presente pesquisa tem por objetivo identificar os níveis de leitura semiológica denotativa e conotativa realizados pelos estudantes durante uma aula de Física. Para tal, estudantes de uma turma do terceiro ano do Ensino Médio foram instigados, em um momento instrucional a estabelecer relações inventivas de modo a associar elementos de uma obra artística com o conteúdo de Conservação da Energia Mecânica. A metodologia instrucional tomou por base a alternância discursiva dialógica e de autoridade. Valemo-nos da função estética do signo artístico para atrair o estudante e fazer com que o mesmo refletisse, imaginasse e expusesse suas ideias e interpretações. O trabalho parte do pressuposto que o signo artístico é uma modo representacional profícuo para provocar e sustentar interações discursivas com reflexos para o entendimento conceitual. Dois pontos encaminharam a pesquisa: o primeiro refere-se à aplicação da prática conotativa de um signo artístico, via alternância entre discurso dialógico e de autoridade, a qual nos rendeu os dados para a pesquisa e propiciou maiores oportunidades de aprendizagem, visto que, em razão da função estética presente na obra artística, diferentes interpretações foram feitas pelos estudantes na tentativa de relacioná-las com o conhecimento científico; o segundo, do lado do professor e fundamental para condução da aprendizagem de conceitos científicos, consistiu na identificação do nível de leitura realizada pelos estudantes durante aplicação da aula com signo artístico, pois este funcionou como um indicativo da aprendizagem possibilitando a identificação de quais questões precisavam ser retomadas, fornecendo um *feedback* do ensino para professor. Os resultados apontaram que as associações conotativas derivadas da estratégia aplicada transformaram a sala de aula em um ambiente descontraído para o debate de ideias, favoreceu o engajamento dos estudantes ao mesmo tempo em que funcionou como fio condutor para aprendizagem do conteúdo ensinado.

Palavras-chave: Semiótica. Signo artístico. Denotação e conotação. Multimodalidade representacional. Interações discursivas. Ensino Médio. Física.

Correa, C. A. **Learning the Conservation of Mechanical Energy in the light of Connotative Reading a Sign Art.** 2016. p. 133 p. Dissertation (Master's in Science Education and Mathematics Education) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2016.

ABSTRACT

This research aims to identify the denotative and connotative semiologic reading levels achieved by students during a lesson in physics. To do this, students of a class of third year of high school were instigated at a instructional time to establish inventive relations to associate elements of an artistic work with the principles of Conservation of Mechanical Energy. The instructional methodology was based on the dialogic and authority discursive alternation. We have used the aesthetic function of the artistic sign to attract the student and make him/her reflect, imagine and expose their ideas and interpretations. The work assumes that the artistic sign is a fruitful representational mode to provoke and sustain discursive interactions reflecting conceptual understanding. Two points headed the research: the first one refers to the application of connotative practice of an artistic sign, by alternating dialogical discourse and authority, which yielded the data for this research and provided greater opportunities for learning, since, because aesthetic function present in the artistic work, different interpretations were made by students in order to relate such interpretations with scientific knowledge; the second one, from the teacher and fundamental to the conduct of learning scientific concepts, was to identify the reading level performed by students during application class with artistic sign, as it served as an indication of learning enabling the identification of what issues needed be resumed, providing feedback to the school teacher. The results showed that the connotative associations derived from the strategy applied transformed the classroom in a relaxed atmosphere for the discussion of ideas, favored the engagement of students, while it worked as a guide for learning the content taught.

Keywords: Semiotics. Artistic sign. Denotation and connotation. Representational multimodality. Discursive interactions. High school. Physics.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Triângulo de Ogden & Richards	30
Figura 2 – Litografia: Queda d'água, 196	168

LISTA DE QUADROS

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Divisão dos signos	34
Quadro 2 – Representação gráfica do signo denotativo	39
Quadro 3 – Representação gráfica do signo conotativo.....	40
Quadro 4 – Instrumento Analítico.....	83

LISTA DE TABELAS

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Categorização das falas do trecho1	88
Tabela 2 – Categorização das falas do trecho2	91
Tabela 3 – Categorização das falas do trecho 3	94
Tabela 4 – Categorização das falas do trecho 4	98
Tabela 5 – Categorização geral das falas dos estudantes.....	103
Tabela 6 – Categorização das falas por estudante	106

SUMÁRIO

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	20
1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	25
1.1 SEMIÓTICA E SEMIOLOGIA: ALGUMAS CONSIDERAÇÕES	27
1.1.1 O Signo.....	31
1.1.2 Função Semântica e Estética	36
1.1.3 Denotação e Conotação	37
1.1.4 Multimodos e Múltiplas Representações	42
1.2 INTERAÇÕES DISCURSIVAS E APRENDIZAGEM DE CONCEITOS CIENTÍFICOS	47
1.2.1 A dicotomia Dialogia <i>versus</i> Autoridade	53
1.3 ALGUMAS CONSIDERAÇÕES A RESPEITO DA ABORDAGEM DA CONSERVAÇÃO DA ENERGIA MECÂNICA NO ENSINO MÉDIO	57
1.3.1 Aspectos Relativos à Conservação da Energia Mecânica.....	59
1.3.2 A Energia Cinética	61
1.3.3 A Energia Potencial	63
1.3.4 A Energia Mecânica.....	65
1.4 FÍSICA E ARTE: UMA RELAÇÃO FECUNDA PARA A APRENDIZAGEM DA CONSERVAÇÃO DA ENERGIA MECÂNICA	66
1.4.1 As imagens presentes em materiais didáticos para o Ensino de Física	69
1.5 A PROBLEMÁTICA DA PESQUISA	72
2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	76
2.1 OS SUJEITOS DA PESQUISA.....	77
2.2 A NATUREZA DA PESQUISA.....	77
2.3 ENCAMINHAMENTOS DA AULA INSTRUCIONAL	79
2.4 COLETA DE DADOS: INSTRUMENTOS E PROCEDIMENTOS	81
2.5 INSTRUMENTO ANALÍTICO.....	82
2.6 TRANSCRIÇÃO E ORGANIZAÇÃO DOS DADOS RECOLHIDOS.....	84

3	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS	86
3.1	ANÁLISE DOS TRECHOS 1 AO 4 À LUZ DO INSTRUMENTO ANALÍTICO.....	87
3.1.1	Análise do trecho 1 (turnos 1 ao 61)	88
3.1.2	Análise do trecho 2 (turnos 62 ao 100).....	91
3.1.3	Análise do trecho 3 (turnos 101 ao 155)	94
3.1.4	Análise do trecho 4 (turnos 156 ao 219).....	98
3.2	ANÁLISE GERAL DAS INTERAÇÕES DISCURSIVAS.....	103
3.3	CONSIDERAÇÕES A RESPEITO DA PARTICIPAÇÃO DOS ESTUDANTES.....	105
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	110
	REFERÊNCIAS	115
	APÊNDICES	122
	APÊNDICE A – TRANSCRIÇÃO DA GRAVAÇÃO EM VÍDEO	123

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, tem havido um crescente interesse no estudo da aprendizagem dos conceitos científicos. Diversas pesquisas em Educação Científica e Matemática têm apontado que a construção e apropriação de conceitos científicos requerem a compreensão de diferentes representações semióticas (veja, por exemplo, LEMKE, 2003; DUVAL, 2004). Nesse viés, os multimodos e as múltiplas representações (por exemplo, nos trabalhos de PRAIN; WALDRIP, 2006; WALDRIP; PRAIN; CAROLAN, 2010) têm inspirado ações instrucionais na área da Educação Científica e Matemática que levem em consideração o uso de diferentes modos de representação para a aprendizagem dos conceitos científicos com maior significado.

Interessados em investigar as influências pedagógicas que a multimodalidade representacional e as múltiplas representações têm na construção de conceitos científicos, com vistas à elaboração de novas práticas coerentes com o ensino contemporâneo, pesquisadores como Laború, Barros e Silva (2011), Laború e Barros (2011) e Zômpero e Laború (2014) têm desenvolvido estudos semióticos com base na multimodalidade representacional no campo do Ensino de Ciências. Essas pesquisas empregam os multimodos e múltiplas representações como alternativa viável para promover o desenvolvimento de conceitos científicos. Nesse contexto, a compreensão dos conceitos científicos e matemáticos e a dos vários significados de suas representações pelos estudantes ocorrem quando desenvolvem um entendimento das diversas formas e modos de representá-los, ao invés de ficarem dependentes de um modo, ou forma particular, ligado a um tópico específico (LABURÚ; SILVA, 2011b, p. 724).

Paralelamente e de alguma forma relacionados a esse novo foco de investigação, outra estratégia que tem despertado atenção entre os pesquisadores é o desenvolvimento de interações discursivas na sala de aula. Nesse sentido, várias pesquisas têm dado ênfase ao discurso e à interação e investigado como essas interações são produzidas e como elas podem auxiliar na aprendizagem de conceitos científicos (veja MACEDO; MORTIMER, 2000; MORTIMER; SCOTT, 2002).

Macedo e Mortimer (2000) dizem que o professor precisa entender a dialogia como um elemento constitutivo do processo de ensino. Para tal, ele precisa dialogar na sala de aula, pois o gênero discursivo desenvolve nos estudantes a

argumentação, por meio de exposições de ideias e debates a respeito de fenômenos e conceitos científicos. E a dinâmica discursiva, dentre outros aspectos, deve abranger um discurso dialógico e de autoridade (MORTIMER; SCOTT, 2002).

De ambas as linhas de investigação mencionadas deriva o interesse comum com a apropriação dos conceitos científicos. Direcionados por essa perspectiva, interessamo-nos em empregar os fundamentos teóricos que norteiam essas pesquisas para aprendizagem de conceitos físicos mais coesos. Em razão de que as aulas de Física frequentemente limitam-se ao fornecimento de informações e resoluções automáticas de equações; interações discursivas a respeito do conteúdo são deixadas em segundo plano, quando não totalmente ignoradas. Estudantes, de forma geral, constantemente queixam-se do excesso de cálculos desprovidos de significado conceitual e associam a disciplina com cálculos matemáticos e equações, e julgam-se incapazes de compreendê-la.

Em consonância com as considerações anteriores, este trabalho insere-se no campo de estudos semióticos. Todavia, restringimo-nos ao uso de representações visuais, enfatizamos a viabilidade e a potencialidade de um signo artístico funcionar como um modo de representação profícuo para a aprendizagem da “Conservação da Energia Mecânica”. A presente pesquisa emergiu das considerações apresentadas no artigo de (LABURÚ; NARDI; ZÔMPERO, 2014). O estudo apresentado por esses autores apontam que a função estética prevaiente nos signos artísticos favorece a manutenção e condução pelo professor da interatividade discursiva em sala de aula. As diferenças entre as pesquisas encontram-se na metodologia e na ferramenta de análise. No referido artigo, a metodologia e análise dos dados concentraram-se em aspectos de ensino. No estudo que desenvolvemos, o caminho analítico volta-se para a aprendizagem.

A atual pesquisa tem como foco potencializar a aprendizagem de conteúdos físicos; para tal, conta com a utilização de um signo artístico em um momento instrucional de uma aula de Física a respeito da “Conservação da Energia Mecânica”, com o intuito de promover maiores interações discursivas, com vistas à construção de significados científicos mais coesos pelos estudantes. Partimos do pressuposto que a aula instrucional com o signo artístico pode viabilizar a participação dos estudantes e favorecer a aprendizagem de conteúdos científicos, uma vez que possibilita ao professor identificação e/ou retomadas de conceitos equivocados e incipientes.

Consideramos os modos representacionais, imagético e verbal oral como representações semióticas com potencial para auxiliar e complementar a aprendizagem de conceitos científicos, a qual é sustentada no ambiente escolar, quase sempre, por exposições fixas em modos de representações formais, como as representações matemáticas e simbólicas. O signo artístico, utilizado neste estudo, refere-se a uma gravura nominada “Queda d’água”, do artista gráfico Escher, empregada com objetivo de gerar correspondências conotativas com o conteúdo de Conservação da Energia Mecânica.

A abordagem do conteúdo “Conservação da Energia Mecânica” foi motivada pelo fato de a gravura “Queda d’água” ter relação com os conceitos físicos de energia e sua conservação na Mecânica. Ela apresenta potencialidade conotativa, visto que ilustra uma situação de violação da Conservação da Energia Mecânica, sendo assim convida a associações indiretas, portanto não óbvias e nem automáticas à primeira vista, com conteúdo de ensinado (LABURÚ, NARDI; ZÔMPERO, 2014, p. 457). Essa obra artística tende a causar um determinado estranhamento ao expectador/estudante, capturando sua atenção à situação de impossibilidade de um moto-perpétuo. Com efeito, o professor pode utilizá-la para realizar um esforço imaginativo para a tradução da obra por meio dos conteúdos estudados.

Diante do exposto, essa pesquisa tem como propósito responder à seguinte questão: Quais níveis de leitura relativos à aprendizagem da Conservação da Energia Mecânica são identificados nas interações discursivas quando o estudante é provocado a realizar conotações mediante um signo artístico?

Tendo como direcionamento essa questão, o objetivo geral que orienta esta pesquisa compreende identificar o nível de leitura que os estudantes apresentam, quando provocados a fazer conotações de uma obra de arte, com base na “Conservação da Energia Mecânica”. Propomos investigar padrões de leitura semiológicas denotativa e conotativa, realizadas pelos estudantes durante a aula instrucional.

A presente dissertação está estruturada em quatro capítulos, a saber: fundamentação teórica, procedimentos metodológicos, apresentação e análise dos dados e considerações finais.

O primeiro capítulo apresenta a fundamentação teórica que embasa e sustenta o trabalho. Ele se divide em cinco seções que alicerçam o estudo e

possibilitam a compreensão da problemática da pesquisa. Na primeira seção, abordamos os aspectos de base semiótica do trabalho. Na segunda, abordamos os aspectos relativos às interações discursivas que integram e complementam a ideia central do estudo. Na terceira, apontamos algumas considerações a respeito da abordagem da “Conservação da Energia Mecânica” no Ensino Médio, bem como os aspectos relativos à energia e sua conservação na Mecânica. Na quarta seção, apresentamos algumas contribuições dos signos artísticos em aulas de Física. Por fim, na quinta seção, delineamos a problemática da pesquisa.

No segundo capítulo, descrevemos a abordagem metodológica usada para conduzir as ações delineadas ao longo do desenvolvimento da pesquisa. Apresentamos ainda a natureza dos sujeitos a que se refere a pesquisa e do ambiente, o tipo de pesquisa realizada, os encaminhamentos da aula instrucional, bem como o instrumento e procedimentos adotados para análise dos dados.

O terceiro capítulo refere-se à apresentação e análise dos dados. Nesse item, encontram-se as análises relativas aos resultados obtidos a partir da prática instrucional de leitura de um signo artístico. Para interpretação dos dados recolhidos utilizamos um instrumento analítico que foi desenvolvido para a pesquisa e construído a partir das definições de denotação e conotação.

Por fim, no quarto e último capítulo, relatamos algumas considerações acerca dos resultados da pesquisa e sua relevância para área da Educação Científica.

CAPÍTULO 1
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesse capítulo, apresentamos em cinco seções os referenciais teóricos que sustentam o desenvolvimento do trabalho e que justificam a realização da pesquisa. Iniciamos a discussão com uma breve explanação a respeito das correntes semióticas e semiológicas, em que discutimos aspectos relativos à origem dessas correntes teóricas. Mencionamos ainda os pressupostos básicos que postulam esses estudos, bem como alguns autores que abordam essas linhas de pesquisa sob diferentes enfoques e as principais diferenças e correlações presentes nessas teorias.

Por conseguinte, apontamos a definição de signo na perspectiva de Saussure e Peirce, destacamos a concepção de signo dentro de cada corrente teórica e enfatizamos a relação entre as variáveis do signo em ambas as perspectivas. Dando continuidade, abordamos a função semântica e estética presente nos signos, apresentando as principais diferenças entre essas duas dimensões, a fim de justificar os motivos que levaram à utilização de um signo artístico na aula de Física.

Na sequência, conceituamos os termos *denotação* e *conotação* no campo da semiologia. Esses dois termos, de modo complementar, compõem a ideia central deste trabalho, em maior medida a conotação de signos artísticos. Dessa maneira, o referencial adotado para definir esses dois termos está sustentado nos estudos de Barthes (2012), Peruzzolo (2004), Coelho Netto (2010) e Fidalgo (1998).

A propósito, trazemos à tona também as contribuições relativas ao uso dos multimodos e múltiplas representações na Educação Científica, destacando os signos artísticos como um modo representacional privilegiado para provocar interações discursivas e a estimulação de processos cognitivos específicos.

Em seguida, na segunda seção, abordamos aspectos relativos às interações discursivas que integram e complementam a ideia central do estudo, e apontamos a distinção entre as abordagens comunicativas, dialógica e de autoridade que ocorrem na dinâmica discursiva.

Na terceira seção, apresentamos algumas considerações a respeito da abordagem da Conservação da Energia Mecânica no Ensino Médio, em seguida conceituamos a lei da Conservação da Energia, a Energia Cinética, a Energia Potencial e a Mecânica.

Na quarta seção, relatamos como os signos artísticos têm sido utilizados em aulas de Física e relações entre a Física e a Arte.

E por fim, na quinta e última seção, delineamos a problemática da pesquisa com maior aprofundamento.

1.1 SEMIÓTICA E SEMIOLOGIA: ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

Antes de iniciar qualquer discussão a respeito das correntes semióticas e semiológicas, faz-se necessário citar alguns autores que abordam a semiótica e/ou a semiologia sob diferentes perspectivas, tais como: Peirce, Jakobson, Morris, Greimas, Saussure, Santaella, Eco, Ogden & Richards, Barthes, Hjelmslev, entre tantos outros. Dentre os autores citados, podemos destacar que Eco valoriza a semiótica peirciana. Peirce e Eco ampliam a semiótica posicionando-a fora dos conceitos linguísticos, pensando o fenômeno do signo como a unidade da construção da comunicação. Já Saussure e Barthes falam de dentro da linguística, Barthes é nome que amplia Saussure (PERUZZOLO, 2004, p. 38). Isso se deve porque foi Barthes, Greimas, Hjelmslev, Mounin, Prieto e Buysens que, a partir das propostas de Saussure, organizaram a teoria semiológica e passaram a usá-la nas práticas de análises. Barthes, de acordo com alguns semiólogos, é o responsável por levar a semiologia a várias outras áreas do conhecimento (SOUZA, 2006, p. 11). Foi com Saussure que a linguística antes, estritamente usada para o estudo das línguas naturais, passou a ter um caráter geral e aplicar-se aos mais diferentes domínios da comunicação (COELHO NETTO, 2010, p. 17). Hoje aplicam-se estudos semióticos à fotografia, à arquitetura, ao cinema, à pintura, ao comportamento humano e animal, etc.

Tendo em vista que na literatura são frequentes obras que fazem uso do termo *semiótica*, enquanto outras usam o termo *semiologia*, que denominação devemos dar à ciência que estuda os signos? Semiótica ou Semiologia? Quando se fala em semiologia ou semiótica estamos falando das escolas saussurianas e peircianas, respectivamente. Ambas, nas suas origens, tratam da ciência que estuda os signos (PERUZZOLO, 2004, p. 35). Apesar de ser corrente a utilização desses termos como sinônimos e a “*Associação Internacional*

de Semiótica” ter adotado em 1969 os termos como equivalentes, ainda assim apresentam raízes, concepções, pressupostos e orientações diferentes. Perante isso, procuraremos apresentar as origens, pressupostos e orientações que postulam essas duas correntes teóricas, a fim de mostrar que, muito mais que a terminologia, o que importa na realização de estudos semióticos são as bases teóricas que pautam a investigação, ou seja, “saber em que terreno se está pisando” (SANTAELLA, 2012, p. 124).

A semiótica é uma ciência que passou a ser reconhecida em meados do século XX. Sua origem ocorreu simultaneamente em três lugares distintos, a saber: Estados Unidos, antiga União Soviética e Europa Ocidental. A teoria peirciana foi a primeira a surgir e teve origem a partir das concepções do filósofo e lógico norte-americano Charles Sanders Peirce (SANTAELLA, 2012, p. 22-23). A semiótica de Peirce está relacionada com o modo no qual o sujeito reconhece e interpreta o mundo ao seu redor, a partir das inferências de sua mente. Santaella (2012, p. 13) diz que a semiótica é uma “ciência de toda e qualquer linguagem”. Por sua vez, a linguagem está relacionada com a capacidade do homem de se comunicar através da língua que falamos, imagens, gestos, sons musicais, gráficos, olhar, cheiro, tato dentre outros.

Logo, a semiótica estuda os signos, todas as linguagens e acontecimentos culturais como se fossem fenômenos produtores de significado e sentido. Tem um campo de abrangência vasto, mas não indefinido (SANTAELLA, 2012, p. 19-20). No sistema semiótico peirciano, o signo existe em uma relação triádica entre signo, objeto e interpretante (COELHO NETTO, 2010, p. 53). O signo na perspectiva de Peirce pode ser entendido como “[...] uma coisa que representa outra coisa: seu objeto”. O signo não é o objeto; ele apenas está no lugar do objeto. Portanto, ele só pode representar o objeto de um certo modo e numa certa capacidade. Por exemplo, a palavra *casa*, a pintura de uma casa, a fotografia de uma casa e o desenho de uma casa, são todos signos do objeto *casa* (SANTAELLA, 2012, p. 90). O objeto é aquilo que determina o signo e que o signo representa. Já o interpretante é o efeito interpretativo que o signo produz em uma mente real ou meramente potencial (SANTAELLA, 2010, p. 23). Não se refere ao intérprete do signo, mas a um processo relacional que se cria na mente do intérprete. Na perspectiva de Pierce “[...] o que define signo, objeto e interpretante é a posição

lógica que cada um desses três elementos ocupa no processo representativo” (SANTAELLA, 2010, p. 08).

Peirce elaborou uma rede de classificações triádicas dos tipos possíveis de signo. Ele estabeleceu dez tricotomias que resultam em sessenta e quatro classes de signos. Dentre todas as tricotomias estabelecidas, há três, as mais gerais, a saber: (1º) a relação do signo consigo mesmo, (2º) a relação do signo com seu objeto e (3º) a relação do signo com seu interpretante (SANTAELLA, 2012, p. 97). Essas relações serão explicadas logo à frente.

De acordo com Peirce, há três elementos formais e universais em todos os fenômenos que se apresentam à percepção e à mente. Desta forma, tudo que surge “à consciência assim o faz numa gradação de três propriedades que correspondem aos três elementos formais de toda e qualquer experiência”. Peirce categorizou essas propriedades terminologicamente como: primeiridade, secundidade e terceiridade. Assim, as coisas do mundo, reais ou abstratas, primeiro nos aparecem como qualidade (primeiridade), depois como relação (secundidade) com alguma coisa que já conhecemos e, por fim, como interpretação (terceiridade), em que a mente consegue explicar o que captamos.

Enquanto o filósofo Charles Sanders Peirce formulava princípios de uma ciência a que veio ser denominada semiótica, na mesma época Saussure formulava sua teoria na França, que denominou semiologia. A semiologia é uma ciência que estuda todos os sistemas de signos na vida social (SANTAELLA, 2012, p. 121). Essa ciência geral de todos os sistemas de signos estabelece a comunicação entre os homens. Para Saussure, a mera realidade sígnica justifica a existência de um ramo do conhecimento que estude os signos na sua relação com o contexto social.

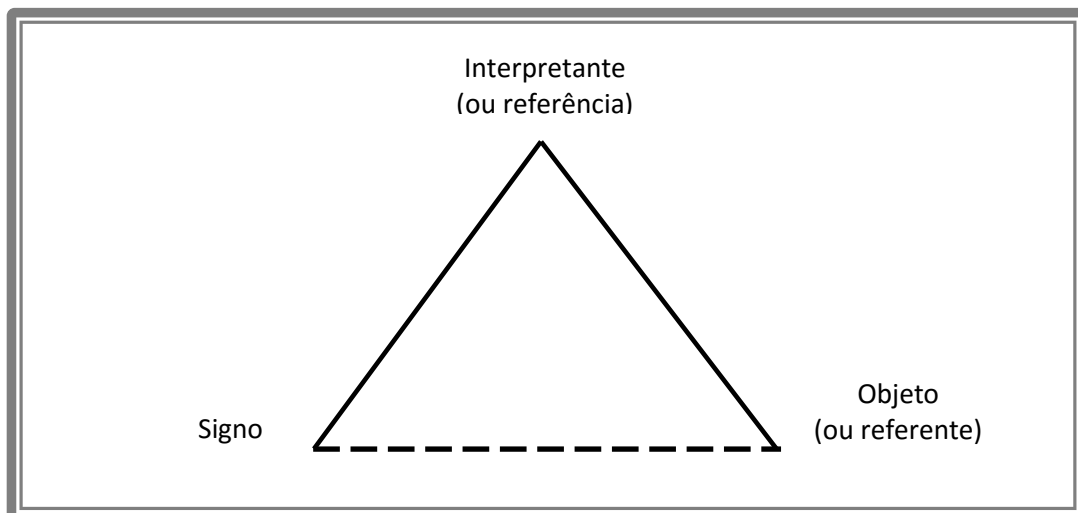
Pode-se dizer que a semiologia trata de estudos relativos quer à análise dos signos linguísticos, que estão relacionados à semântica e à escrita, quer semióticos, que se referem aos signos humanos e da natureza. Essa ciência tem como precursor o suíço Ferdinand de Saussure, considerado o pai do estruturalismo linguístico que pensava na Linguística como uma parte da ciência geral dos signos (BARTHES, 2012, p. 13). De acordo com Saussure (1969 apud SOUZA, 2006, p. 10), “[...] a linguística não é senão uma parte da Semiologia; as leis que essa ciência geral descobrir será aplicável à Linguística, e esta se achará vinculada a um domínio bem definido no conjunto dos fatos humanos”. Contrária a essa ideia, Barthes, em

Elementos de Semiologia, levanta a possibilidade de um dia a semiologia ser uma parte da Linguística; mais precisamente, a parte que se encarregaria das grandes unidades significantes do discurso, já que os demais sistemas de signos dependem da linguagem verbal para poderem ser explicados. Dessa forma, a linguística seria a porta de entrada de todos os demais sistemas de linguagem (BARTHES, 2012, p. 15). Do modelo linguístico, podem-se extrair conceitos gerais que possibilitam a descrição e compreensão de outros sistemas de signos, por exemplo, os visuais e sonoros (COELHO NETTO, 2010, p. 18).

Para Saussure, o signo é uma entidade de duas faces, o significante e significado (BARTHES, 2012, p. 47). Mais adiante, abordaremos a estrutura diádica em confronto com a visão triádica de Peirce. Saussure segue uma perspectiva diádica, faz uso de pares dicotômicos, a saber: significante/significado, denotativo/conotativo, entre outros (PERUZZOLO, 2004, p. 36).

Como se pode ver, as terminologias *semiótica* e *semiologia*, apesar de serem usadas como sinônimos possuem raízes e postulações distintas. Em contraposição às semióticas de tradição peirciana, as semiologias de origem saussurianas ignoram o vértice dos referentes no triângulo semiótico de Ogden e Richards.

Figura 1 – Triângulo de Ogden & Richards



Fonte: Adaptado de Coelho Netto (2010, p.56)

Diferentemente de Peirce, Saussure não faz referência ao objeto. Para Pierce, um signo pode ser qualquer coisa, não necessariamente uma palavra escrita ou pronunciada. Na semiótica de Peirce, não é a linguística que se estende

para abarcar outros tipos de códigos; é a semiótica que estuda todos os demais sistemas de signos, inclusive os linguísticos.

Mas, a diferença mais nítida entre as concepções de Saussure e Peirce é a da intencionalidade. A intencionalidade e o propósito consciente de transmissão separam os signos em duas classes, a saber: os naturais e artificiais, em que, no primeiro caso, a função sónica é inferida pelo homem, enquanto no segundo ela é instituída. Os signos naturais mantêm relação intrínseca com o objeto representado (seu referente); exemplos deles são o ícone e o índice. Esses signos não são emitidos com a intenção de comunicar, apenas são interpretados como signos após a sua ocorrência continuada enquanto significante. Os signos artificiais são construídos pela própria sociedade para fins de comunicação, portanto seguem a uma convenção e, em muitos casos, como o signo linguístico, propriamente dito, são sistematizados. Esses signos não têm nenhuma relação intrínseca com o objeto, por isso são arbitrários (EPSTEIN, 2002, p. 57).

Para Saussure, a semiologia limitava-se às instâncias em que correspondiam aos signos como entidades usadas consciente e intencionalmente (signos artificiais) para a finalidade da comunicação, melhor dizendo, cobria a linguagem, os alfabetos, as regras de comportamento, os sinais militares, etc. Já para Peirce o processo semiótico não precisa ser intencional e nem os signos produzidos apenas artificialmente. Desse modo, os signos naturais, fenômenos naturais podem se tornar signos de outros fenômenos, se bem codificados culturalmente (EPSTEIN, 2002, p. 29).

Estamos, portanto, diante de duas teorias epistemologicamente diferentes. As quais partem de pontos diferentes, apresentam propostas distintas que, todavia, procuram estruturar-se como um saber afinado no seu cerne (PERUZZOLO, 2004, p. 38). Saber suas origens e postulados nos permite analisar e saber como um signo funciona na perspectiva semiótica ou semiológica.

1.1.1 O Signo

“Os signos são entidades tão centrais e importantes em semiótica quanto os números na matemática” (EPSTEIN, 2002, p. 16). Porém, é comum

encontrar nas pesquisas de bases semióticas definições distintas de signos. Essa contradição deve-se ao fato de não existir uma nomenclatura unívoca e universalmente aceita (EPSTEIN, 2002, p. 17).

Na literatura, a definição mais frequente de signo diz que “[...] signo é algo que está por outra coisa [...]” (EPSTEIN, 2002, p. 17). Nesse viés, signos podem ser objetos, símbolos, palavras, desenhos, e eles representam e transmitem alguma informação ou várias informações. Na vida moderna, todos dependemos do signo para viver e interagir com o meio no qual estamos inseridos. Com base em uma estrutura semiótica, Santaella (2012, p. 83) define que “[...] tudo em nós é signo, qualquer coisa que se produz na consciência tem o caráter de signo”, qualquer objeto, som, palavra que representa outra coisa denomina-se signo. Na visão de Saussure citado por Peruzzolo (2004, p. 59), signo é a junção de conceito e imagem – acústica, visual, tátil, gráfica, etc. – ou, como se diz “significante/significado”. Para Saussure, o signo linguístico pode ser definido “como a união do significante e do significado, à maneira do anverso e verso de uma folha de papel” (SOUZA, 2006, p. 16). Desse modo, ao rasgarmos o papel afetamos ambos os lados da folha.

O signo é dotado de função sígnica, portanto não é um objeto (EPSTEIN, 2002, p. 28). Para Eco (2003, p. 39), função sígnica é a relação entre expressão e conteúdo. Nesse sentido, quando se pretende estudar as características dos signos, é indispensável entendê-los como uma correlação entre variáveis. As duas variáveis saussurianas correspondem ao significante e ao significado. E a peirciana ao representâmen, interpretante e o referente (EPSTEIN, 2002, p. 29). Nesse viés, pode-se dizer que a leitura de um signo, na perspectiva de Saussure, se faz por meio do estabelecimento do significado, pelo reconhecimento dos significantes; e na peirciana, realiza-se por meio de processos de semiose (PERUZZOLO, 2004, p. 103). A relação triádica que ocorre entre um signo, seu objeto e o interpretante sempre que se processa uma comunicação pode resultar em uma semiose ilimitada em que os signos dão origem a outro signo, indefinidamente (EPSTEIN, 2003, p. 28).

Como dito, a terminologia saussuriana associa duas variáveis à função sígnica, denominadas de díades saussurianas, o plano dos significantes constitui o plano de expressão, e o dos significados, o plano de conteúdo (BARTHES, 2012, p. 51). Para Saussure o signo linguístico constitui-se de

significante (imagem acústica) e significado o (conceito) que liga a essa imagem acústica, tanto o significante como o significado são representações psíquicas. Como se pode ver, “[...] o significado não é uma coisa, mas uma imagem mental da coisa” (SOUZA, 2006, p. 28). Nesse sentido, na perspectiva saussuriana, pode-se dizer que “[...] não há signo sem significante e significado, do mesmo modo como uma moeda não pode deixar de ter cara e coroa” (COELHO NETTO, 2010, p. 20). Melhor dizendo, o signo, no entender de Saussure, só existe em função do par significante/significado, em que o significante é a expressão do signo, que permite a transmissão do significado, e o significado é a interpretação do signo, ou seja, seu conceito.

Não se deve confundir, entretanto, “significação” com “significado” de um signo. A significação, na semiologia de raiz saussuriana, ocorre quando se consegue unir o significado ao significante, ela encontra-se no domínio da fala e é uma questão individual (COELHO NETTO, 2010, p. 23). Barthes, com bases nas considerações de Hjelmslev, desenvolveu os múltiplos níveis de significação – a conotação e a denotação; para ele, o sentido aparece como um conjunto de inúmeras camadas de sentidos, originadas gradativamente (FIDALGO; GRADIM, 2004-2005, p. 93). Do ponto de vista semiológico, “[...] definimos sentidos por conhecimentos e características complementares ao manipulado na matéria significante”. Em outras palavras, o sentido está relacionado ao contexto, ocorre quando as ideias que nos vem à mente remetem a situações que acontece(ra)m fora do texto (PERUZZOLO, 2004, p. 125). Sendo assim, pode-se afirmar que a produção de sentidos remete a experiências dos intérpretes e suas respectivas capacidades de interpretação, ademais varia para diferentes intérpretes.

Tendo brevemente explanado o signo na concepção saussuriana, passemos à semiótica de tradição peirciana. Para Peirce “um signo (ou representâmen) é aquilo que, sob certo aspecto, representa alguma coisa para alguém”, podendo ele ser uma palavra, texto, ideia, gesto, sentimento, figura, etc. (COELHO NETTO, 2010, p. 56).

A semiótica peirciana associa três variáveis à função sígnica, denominadas tríades de Peirce, as quais situam-se no plano do representâmen (equivalente ao plano da expressão), no plano dos interpretantes (equivalente ao plano dos significados ou do conteúdo) e no plano dos referentes (dos objetos) (EPSTEIN, 2002, p. 28). Peirce (apud EPSTEIN, 2002, p. 21) diz que o significado

corresponde à interpretação do signo, que, por sua vez, indica um objeto. O significado é a “outra” face do signo, a face invisível, a “outra coisa” pela qual está o “algo” e é obtido a partir da relação entre as três variáveis peircianas. Sendo assim, a “significação no sistema peirciano inclui tanto a referência quanto o sentido conceitual” (MORTIMER et al., 2014, p. 123).

Peirce estabeleceu dez tricotomias, ou dez relações triádicas, do signo, as quais resultam em sessenta e seis classes de signos e possibilidade lógica de 59049 tipos de signos. Com essas classificações, permite-se, por meio de um estudo mais detalhado, fazer leitura de todo e qualquer processo sógnico (SANTAELLA, 2012, p. 96). Dentre essas tricotomias, cabe destacar três, as quais foram minuciosamente detalhadas por Peirce. A primeira tem como base a relação do signo consigo mesmo, a segunda refere-se à relação do signo e seu objeto e a terceira diz respeito às relações entre signo e seu interpretante (COELHO NETTO, 2010, p. 57).

Quadro 1 – Divisão dos signos

	DIVISÃO DOS SIGNOS		
Categoria	O signo em relação a si mesmo	O signo em relação ao objeto	O signo em relação ao interpretante
Primeiridade	qualissigno	ícone	Rema
Secundidade	sinsigno	índice	Dicissigno
Terceiridade	legissigno	símbolo	Argumento

Fonte: Adaptado de Coelho Netto (2010, p. 62).

Para exemplificar a leitura dos elementos do quadro 1 “divisão dos signos”, tomemos como base a primeira tricotomia, da relação do signo consigo mesmo. Deste modo, um signo pode ser um qualissigno, um sinsigno ou um legissigno. Exemplificando, o signo pode ser uma mera qualidade (qualissigno), por exemplo, uma cor. Um existente concreto, um acontecimento real (sinsigno), por exemplo, um cata-vento, um diagrama de alguma coisa em particular. Ou uma convenção ou lei estabelecida pelos homens (legissigno), por exemplo, as palavras (COELHO NETTO, 2010, p. 60-61).

A segunda tricotomia diz respeito à relação do signo com seu objeto. Desta forma, um signo pode ser um ícone, um índice ou um símbolo. Ícone é aquele signo que, na relação signo-objeto, indica uma qualidade ou propriedade de um objeto possuir certos traços em comum com o referido objeto. São ícones os quadros, estruturas, modelos, predicados, metáforas, etc. Os índices são signos que estabelecem uma relação direta, causal e real em relação ao objeto, por exemplo, a fumaça como indicadora da presença de fogo. Os símbolos correspondem àqueles signos que na relação signo-objeto são um signo arbitrário cuja ligação com o objeto é definida por uma lei convencionalizada (SANTAELLA, 2012, p. 102-104), por exemplo, qualquer das palavras de uma língua, a cor verde como símbolo de esperança (COELHO NETTO, 2010, p. 58).

A terceira tricotomia relaciona o signo ao seu interpretante. Um signo pode ser um rema, um dicissigno ou um argumento. O rema é um signo que, para seu interpretante, funciona como signo de uma possibilidade que pode ou não se verificar. Um dicissigno é um signo que é entendido como representando seu objeto, um signo de existência real. O argumento é um signo de razão, um signo de lei, correspondendo a um juízo (COELHO NETTO, 2010, p. 61).

Dessa forma, os signos que estão para a primeiridade se relacionam ao seu objeto por meio das suas qualidades (qualissigno), da expressão de meras possibilidades (ícone) ou no nível de raciocínio (rema), uma conjectura ou hipótese (SANTAELLA, 2012, p. 100-101). A primeiridade surge em tudo que estiver relacionado com acaso, possibilidade, qualidade, sentimento, originalidade. A secundidade está relacionada às ideias de dependência, determinação, dualidade, ação e reação, aqui e agora, conflito, dúvida. A terceiridade corresponde à generalidade, continuidade, crescimento, inteligência (SANTAELLA, 2010, p. 07).

Como se pode observar, tanto a perspectiva saussuriana quanto a peirciana tendem a associar duas ou três variáveis à função sígnica (EPSTEIN, 2002, p. 28). Ambas correntes – semiológica e semiótica –, apesar das divergências em alguns pontos, convergem no fato de que o sentido surge da relação entre variáveis sígnicas.

Situadas brevemente algumas definições de signos e como esses funcionam na perspectiva de Peirce e Saussure, passamos agora a apresentar conceitos relativos à função semântica e estética do signo, com ressaltos desta última.

1.1.2 Função Semântica e Estética

Qualquer objeto, som, palavra capaz de representar outra coisa constitui signo. Dependemos do signo para viver e interagir com o meio no qual estamos inseridos, por exemplo, ao dirigir precisamos ler e analisar o que as placas de trânsito, sinais dos semáforos expressam. Os signos, por sua vez, podem apresentar predomínio da função semântica ou estética.

A função semântica do signo corresponde preferencialmente à determinação precisa do significado e ao sentido literal da mensagem; sendo assim, o significante não chama a atenção, ou seja, ele torna-se transparente, deixa vazar o significado. Contrário a isso, na função estética, o significante torna-se mais opaco, chama a atenção sobre si, abrindo um leque de significados (EPSTEIN, 2002, p. 34). Moles considera que o ponto de vista semântico é lógico, estruturado, enunciável e facilmente traduzível de um suporte para outro, enquanto o estético apresenta difícil tradução de uma linguagem a outra (EPSTEIN, 2002, p. 33-34).

Os signos utilizados na ciência, bem como os manuais de instrução e os sinais de trânsito, têm uma intensificada função semântica, por isso são unívocos. Por outro lado, os signos também podem ser interpretados plurivocamente, quando possuem acentuada função estética e não requerem respostas ativas dirigidas e objetivos explícitos (EPSTEIN, 2012, p. 34).

Os signos artísticos abrangem diversas categorias de representações imagéticas, como quadros, filmes, desenhos, músicas, esculturas entre outras. Por conseguinte, possibilita diferentes interpretações proporcionadas por sua função estética, pois é característica do fenômeno estético a “ambiguidade e auto-reflexibilidade”. Com efeito, a tradução ou interpretação de uma obra de arte remete a vários significados (EPSTEIN, 2012, p. 35). Nos dias atuais, podemos dizer que um dos campos de maior investigação da semiótica refere-se à arte, que compreende literatura, teatro, pintura, música e cinema (FIDALGO; GRADIM, 2004-2005, p.135).

Tomando como base que os signos artísticos são carregados da função de dimensão estética, leitores diferentes quando provocados a lerem esses signos terão pontos de vista diferenciados, pois a percepção da informação estética não depende exclusivamente do emissor da mensagem, mas sim, em grau variável,

da sensibilidade do receptor (EPSTEIN, 2002, p. 36). A percepção da informação estética depende tanto do emissor quanto do receptor. De acordo com Coelho Netto (2010, p. 171-172), “a informação estética não é passível de esgotamento”, os significados gerados pela dimensão estética podem variar para diferentes receptores ou para um mesmo receptor, em diferentes momentos. Assim, os signos artísticos podem ser considerados abertos a diversas leituras, que inclusive podem ser modificadas em diferentes momentos pelo mesmo leitor.

De acordo com Laburú, Nardi e Zômpero (2014, p. 455), “[...] os signos artísticos são arquitetados para possuírem funções distintas, diferentes dos signos científicos”. Assim, a linguagem artística, contrária à linguagem científica, não é informativa ou explicativa, mas rica em significações e conotações. Como explicitado, as obras de arte têm como característica a “ambiguidade”, que consequentemente desperta imaginação e criatividade do leitor. No âmbito pedagógico, os signos artísticos podem funcionar como elemento potencializador para a aprendizagem de conteúdos científicos, pois a função estética presente nesses signos favorece o processo discursivo participativo, por não possuir um conteúdo de sentido único. Contudo, como preconizam Laburú, Nardi e Zômpero (2014, p. 456), a leitura de uma obra artística, via termos científicos, manifesta-se com maior grau de desenvoltura quanto mais bem qualificada se encontrar a aprendizagem.

Uma vez que os signos artísticos possuem acentuada função estética, há de se considerar que, dependendo do contexto, a representação artística poderá gerar diferentes significações. Essa questão da significação remete à abordagem da denotação e conotação dos signos.

1.1.3 Denotação e Conotação

Feita a distinção entre função semântica e estética de um signo, passemos ao estudo dos termos *denotação* e *conotação* no campo da semiologia. A semiologia procura determinar o que um texto diz, como diz e por que o faz, por

meio de níveis de leitura. Esses níveis, de acordo com Peruzzolo (2004, p. 104), compreendem a leitura semiológica denotativa, conotativa e polissêmica.

Antes, porém, de nos adentrarmos no conceito de leitura semiológica denotativa, conotativa e polissêmica, faz-se necessário relembrar que Saussure utiliza conceitos analíticos da linguística na pesquisa semiológica, os quais apresentam-se sob a forma dicotômica. Assim sendo, o método de análise semiológica é binário e trabalha com a ideia dicotômica dos elementos linguísticos. O signo, para Saussure, é um elemento binomial de natureza dicotômica, isto é, uma entidade psíquica constitui-se de duas faces: o significante, que corresponde a imagem acústica, e o significado, que corresponde ao conceito. Sendo assim, como o signo é formado pelo significante e significado, o ato que os une é a significação. Para Saussure a significação compreende significantes, significados e o processo que une uns aos outros (PERUZZOLO, 2004, p. 75).

Desta forma, qualquer sistema de significação comporta um plano de expressão (E) e um plano de conteúdo (C); então, a significação coincide com a relação (R) entre esses dois planos (BARTHES, 2012, p. 113-115). Nessa ótica, o signo denotativo representado por ERC, se dá a partir da relação (R) entre a expressão (E) e o conteúdo (C). Conseqüentemente, quando o sistema ERC se torna ele próprio plano de expressão ou significante de um segundo sistema (ERC)RC, tem-se um signo conotativo. Mas, pode-se ter uma situação diferente, onde o primeiro plano (ERC), em vez de servir de significante ou plano de expressão, serve de significado ou plano de conteúdo do segundo sistema ER(ERC), nesse caso, teríamos um outro plano, o da metalinguagem (BARTHES, 2012, p. 113-115). Como se pode ver, na semiologia de raiz saussuriana encontramos dois modos de significação: o modo de significação denotativa e o modo de significação conotativa (PERUZZOLO, 2004, p. 75).

Isso implica dizer, como propõe Coelho Netto (2010, p. 24), que a questão da significação orienta uma abordagem dos fenômenos de denotação e conotação, pois um signo denotativo veicula o primeiro significado derivado do relacionamento entre um signo e seu objeto. E o conotativo evidencia significados segundos que vêm agregar-se ao primeiro na relação signo/objeto.

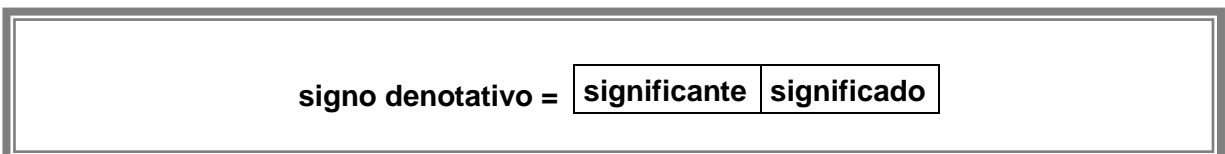
Nesse viés, a denotação remete a uma significação mais restrita; e a conotação, a uma significação mais ampla. Isso porque na denotação temos o significado de uma palavra ou expressão mais próximo do seu sentido literal. Já a

conotação abrange o sentido mais geral, que se pode atribuir a um termo abstrato; além da significação própria, refere-se ao sentido figurado, metafórico.

Por exemplo, os textos científicos, livros didáticos, manuais de instrução, bulas de remédios, entre outros, fazem uso da linguagem denotativa, pois a informação deve ser transmitida da maneira mais clara possível, para assim evitar interpretações equivocadas e o efeito de ambiguidade. Por sua vez, a conotação é empregada em uma linguagem específica, que não tenha compromisso em ser objetiva ou literal, como na literatura, em letras de música, anúncios publicitários, obras de arte, conversas do dia a dia, etc.

Perante isso, é importante ressaltar que para Coelho Netto (2010, p. 26) a passagem do sentido denotativo para o conotativo não corresponde a uma mera substituição de significados. O significado denotativo permanece no signo agregado a seu significante e a esse conjunto se acrescenta outro significado, no caso, conotado. É justamente porque o significado denotativo permanece no signo que surge a ambiguidade de mensagens. Assim, a denotação é a base para conotações sucessivas. Coelho Netto (2010, p. 25-26) substitui o termo *denotativo* por *notativo*, isso se deve porque, entre outras razões, o par terminológico *notativo/conotativo* torna-se mais evidente que o par *denotativo/conotativo*. Aqui optamos por utilizar o termo *denotativo* em substituição do *notativo*. Graficamente, o signo denotativo pode vir expresso da seguinte forma:

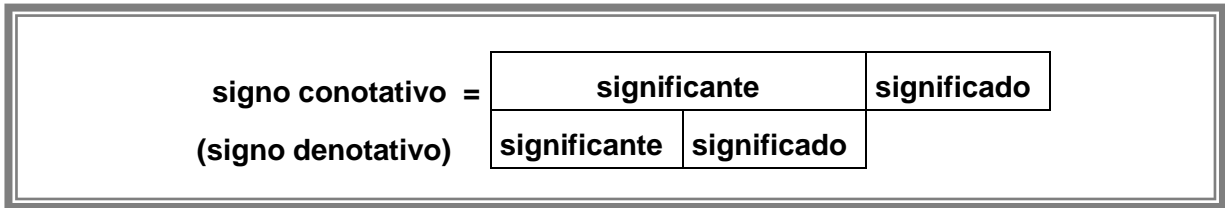
Quadro 2 – Representação gráfica do signo denotativo



Fonte: Adaptado de Coelho Netto (2010, p. 25).

Deste modo, pode-se dizer que “[...] ocorre conotação quando o significante mais o significado de um signo tornam-se o significante do outro signo” (COELHO NETTO, 2010, p. 25). Na conotação, os significados segundos é que vêm juntar-se ao primeiro significado naquela mesma relação signo/objeto, ou seja, sugerem mais de uma interpretação, apresentam o teor subjetivo que uma palavra ou expressão pode assumir paralelamente à acepção em que é empregada. Graficamente, o signo conotativo pode vir expresso sob a seguinte forma:

Quadro 3 – Representação gráfica do signo conotativo



Fonte: Adaptado de Coelho Netto (2010, p. 25).

Daí que os significados segundos não substituem o significado primeiro, mas sim acrescentam-se a ele e justamente por serem adicionados é que surge a ambiguidade, a dúvida, ou seja, as múltiplas interpretações. Como caracteriza Peruzzolo (2004, p. 125-127), interpretar um texto “não é dar-lhe um sentido (mais ou menos fundamentado, mais ou menos livre); é, pelo contrário, apreciar o plural de que ele é feito”. O autor explica o ato de interpretar com base nas considerações de Barthes. Diz que interpretar “[...] é a ação de apreciar o mais ou menos que um texto pode mobilizar”. Como um texto é composto de uma “galáxia de significantes”, temos acesso a ele por várias entradas, sem que nenhuma delas necessite constituir-se como principal ou verdadeira. O conjunto de toda cadeia de significantes de um texto constrói a conotatividade. A leitura conotativa constitui-se um movimento de observação da matéria significante (PERUZZOLO, 2004, p. 119-120).

Segundo Barthes (2012, p. 114), os sistemas primeiros são os denotados; em razão disso, toda a conotação pressupõe uma denotação que lhe serve de significante, ou seja, de conotadores. Nessa mesma linha, Eco (2003, p. 46) diz que a conotação se institui parasitariamente à base de um código precedente, por isso não pode ser veiculada antes de o conteúdo primário ter sido denotado. A denotação está diretamente relacionada à significação objetiva, às questões de ordem funcionais e indicam a função dos objetos. A conotação está diretamente relacionada à significação subjetiva e refere-se aos fatores estéticos e simbólicos dos objetos evidenciados, por meio de seus atributos formais, os quais podem ser interpretados de diversas maneiras pelo leitor (PERUZZOLO, 2004, p. 120).

A linguagem visual nem sempre possui sentido único quando empregada em contextos diferentes, elas ganham novos sentidos figurados, carregados de valores afetivos ou sociais. O significado expresso em uma obra de

arte pode ser lido e segmentado de várias maneiras, conforme as diferenças culturais de um dado leitor. Com base nisso, consideremos Barthes, novamente, quando diz que “vários corpos de significados podem coexistir num mesmo indivíduo, determinando, em cada um, leituras mais ou menos profundas” (BARTHES, 2012, p. 60).

Como explicitado, os significados denotativos são os que garantem a comunicação (PERUZZOLO, 2004, p. 106). Isso ocorre porque a denotação refere-se ao significado de uma palavra, expressão ou imagem mais próximo do seu sentido literal ou o que está visível em uma ilustração, imagem ou figura; não há dúvidas no seu significado, que remete ao seu sentido real. Portanto, o nível denotativo da leitura de uma mensagem ou de um texto se faz pela identificação dos constituintes (pessoas, coisas, ambientes, etc.) e pelo modo como esses constituintes se relacionam entre si (PERUZZOLO, 2004, p. 113). Esse tipo de leitura é mais um processo descritivo, narrativo da mensagem, pois não se estabelece relações com o contexto. Ademais, “[...] na análise semiológica denotativa, os signos são analisados mais como apontadores dos significados, indicadores de objetos, de referências, circunstâncias e aspectos, e menos como significantes produtores de sentidos” (PERUZZOLO, 2004, p. 114-115).

Precisamente, a leitura conotativa consiste em indicar os principais conotadores, isto é, levantar cadeias significantes das representações subjetivas e significados segundos, como sentimentos, ideias abstratas como sossego, beleza, etc. (PERUZZOLO, 2004, p. 113). Já a leitura polissêmica “[...] é a análise crítica e reflexiva do texto e, mais o enunciado de um juízo sobre ele”; corresponde a significações mais profundas do texto (PERUZZOLO, 2004, p. 123). Contudo, afirma Peruzzolo (2004, p. 122) que a distinção entre análise conotativa e polissêmica é mais metodológica que conceitual.

Para Fidalgo (1998, p. 86-88), a leitura de um signo pressupõe a existência de sentidos primeiros, sentidos segundos assentes sobre os primeiros. Para ele, o sentido aparece como um composto de camadas sucessivas de sentidos. Consequentemente, o sentido segundo apoia-se sobre o primeiro, mas os dois não coexistem pacificamente, manter o foco em um implica desfocar o outro. Com efeito, a leitura denotativa e/ou conotativa fica condicionada ao estado cultural e/ou conceitual, ao nível de escolaridade, de experiências e opções ideológicas do

leitor. Nesse contexto, pode-se dizer que para determinados leitores as ideias conotativas se sobressaem às denotativas (PERUZZOLO, 2004, p. 118).

Ao contrário disso, também é possível o leitor permanecer no sentido primeiro e não chegar ao sentido segundo, e assim ser “acusado de curto de vistas e ingênuo”. Como dito anteriormente, cada leitor produzirá sentidos diversos para um mesmo texto de acordo com suas relações com o mundo. Deste modo, determinado leitor pode procurar em toda a parte sentidos segundos, e correr o risco de ver “gigantes onde há apenas moinhos de vento”, e assim não conseguir enxergar os sentidos originários (FIDALGO, 1998, p. 88).

Tendo em vista o colocado, entendemos que as imagens artísticas são carregadas de sentidos segundos, quer dizer, são produzidas para possuir funções distintas das imagens científicas. De acentuada função semântica, o signo científico, por ser unívoco, facilita a comunicação com maior objetividade. Em contraposição à função semântica, os signos artísticos se caracterizam pelo predomínio da função estética. Ademais, para Coelho Netto (2010, p. 169), a informação estética é fundamentalmente conotativa. Com efeito, a obra de arte, por possuir acentuada função estética, é capaz de apresentar muitos significados, não se podendo falar em um compartilhamento comum, último e final do conteúdo, mas em polissemia (LABURÚ, NARDI; ZÔMPERO, 2014, p. 455).

Portanto, um signo artístico sempre remete a outra coisa para além do que ele representa em primeiro grau, isto é, ao nível da denotação. Daí vem que a informação estética de um produto não se esgota facilmente, há sempre algo novo para retirar dele (COELHO NETTO, 2010, p. 172). Logo, a imagem artística, por evocar múltiplas conotações, torna-se rica para propiciar abertura e sustentação de diálogos entre professor e estudantes a respeito de conteúdos científicos ensinados.

1.1.4 Multimodos e Múltiplas Representações

Há um crescente reconhecimento nas pesquisas em Educação Científica de que os estudantes precisam compreender e integrar diferentes modos de representação na aprendizagem da Ciência (PRAIN; WALDRIP, 2006). Direcionados por essa tendência teórica, Laburú, Barros e Silva (2011, p. 471)

lembram que a aprendizagem de conceitos científicos é realçada quando se integram diferentes modos de representação semiótica de um mesmo conceito científico. Diversos estudos têm apontado que a aprendizagem de conceitos científicos implica a compreensão de diferentes modos de representação semiótica. Nessa linha de pesquisa, Waldrip, Prain e Carolan (2010) reconhecem que os modos representacionais de um conceito científico são fundamentais para o desenvolvimento geral do estudante na alfabetização científica.

Dado o exposto, consideramos que a multimodalidade representacional é uma ferramenta valiosa para aprendizagem de conceitos físicos, uma vez que a Física faz uso de diferentes signos, por exemplo, símbolos, equações, tabelas, gráficos, diagramas, imagens, esquemas, representações matemáticas e experimentais. A abordagem por meio de diferentes modos de representação possibilita que os estudantes se envolvam mais com o conteúdo de ensino; amplia a aprendizagem, uma vez que necessitam fazer conexões entre diferentes representações semióticas.

Laburú, Barros e Silva (2011, p. 472) julgam necessário que os estudantes desenvolvam um entendimento das diversas formas e modos representacionais, ao invés de ficarem dependentes a um único modo ou forma representacional, pois o uso de um único modo representacional limita as possibilidades de compreensão de um conceito científico.

Consideradas as colocações a respeito da multimodalidade representacional, cabe elucidar que o estudo de representações semióticas envolve a compreensão de alguns conceitos básicos, dentre eles o de multimodos e múltiplas representações. A título de esclarecimento, dos termos multimodos de representação e múltiplas representações, referenciados neste trabalho, faz-se uma breve descrição. De acordo com Prain e Waldrip (2006), a multimodalidade representacional refere-se à integração de diferentes modos de representar o raciocínio, processos e descobertas científicas. As múltiplas representações designam a prática de representar um mesmo conceito ou processo científico de diferentes formas. Em outras palavras, dizem respeito à representação do mesmo conteúdo científico em diferentes formas, sejam elas verbais, numéricas, gráficas, experimentais, figurativas, cinestésicas, entre outras. Já os multimodos referem-se à integração no discurso científico dessas formas em diferentes modos de representação. Vejamos: escrever no quadro de giz constitui-se de um modo

representacional denominado como verbal escrito. Nesse modo, podemos utilizar diferentes formas de registros, como é o caso do desenho, das linguagens escritas, do diagrama, das fórmulas e das equações (MORTIMER et al., 2014, p. 125).

Segundo Ainsworth (1999, p. 131), quando as múltiplas representações são usadas favorecem o interesse do estudante, podendo desempenhar um papel importante na promoção de uma aprendizagem mais efetiva. A aprendizagem é facilitada e mais bem promovida quanto mais representações semióticas forem disponibilizadas aos estudantes (ZÔMPERO; LABURÚ, 2010, p. 38). Conforme afirma Lemke (2003), “a integração entre os diferentes modos de representação é a chave para a compreensão dos conceitos científicos”. De maneira geral, podemos inferir que o estudante precisa ter acesso a diferentes tipos de representação de um mesmo conceito científico para que a aprendizagem possa se consolidar com maior significação.

De acordo com Zômpero e Laburú (2014, p. 247), a compreensão dos conceitos científicos e os vários significados de suas representações ocorrem quando o estudante desenvolve um entendimento das diversas formas de representá-lo, em vez de ficar dependente de um único modo específico. No âmbito pedagógico, afirmar que um aprendiz está entendendo ou que aprendeu algo significa dizer que ele, além de ser capaz de mobilizar os conhecimentos dentro e fora do contexto de cada representação ensinada, deve ser hábil na conversão de registros ou tradução entre quaisquer representações (LABURÚ; SILVA, 2011b, p. 725).

Neste contexto, percebe-se que um ensino plural em termos representacionais é compatível com o princípio pedagógico contemporâneo, que atenta para as necessidades e preferências individuais cognitivas, quando se pensa numa aprendizagem efetiva, pois para cada estudante há um caminho particular para construção de significados (LABURÚ; SILVA, 2011b, p. 727). De acordo com Zômpero e Laburú (2010, p. 38), utilizar variados modos e formas representacionais nas atividades escolares estimula a reorganização das ideias dos estudantes para construir significados científicos mais coesos. Porém Zômpero e Laburú (2014, p. 246) ressaltam que as proposições científicas e os significados dos conceitos não surgem simplesmente pela adição ou justaposição das representações, mas sim da combinação integrada dos modos representacionais.

Alguns modos representacionais possuem maior potencialidade em determinados contextos em relação a outros, podendo se adequar melhor a certos indivíduos, por servir-lhes de meio apropriado para compreender um conceito científico, devido à existência de esquemas conceituais já construídos por eles (LABURÚ; SILVA, 2011a, p. 26). Dessa forma, cabe ao professor propor representações que privilegiem determinados modos e formas, pois “[...] cada sistema semiótico encerra propriedades específicas que limitam intrinsecamente suas possibilidades de representação” (LABURÚ; ZÔMPERO; BARROS, 2013, p. 14). De acordo com Prain e Waldrup (2006), os professores tendem a usar essa diversidade de modos como recursos para promover o interesse no estudo de conteúdos científicos ou atender as diferenças individuais de aprendizagem, e não como representações diferentes de métodos científicos, conceitos e símbolos.

Os estudantes precisam aprender sobre os diferentes modos em que os mesmos conceitos em ciência podem ser representados como parte do desenvolvimento geral da alfabetização científica (PRAIN; WALDRUP, 2006). Quando se faz o aprendiz atuar em um único modo na aprendizagem de conteúdos científicos, é provável que ele não construa os significados na plenitude.

Como afirma Ainsworth (1999, p. 137), sempre que o estudante empregar mais de uma representação, o seu desempenho será significativamente mais efetivo do que ao utilizar somente uma, pois a dificuldade dos estudantes encontra-se nas trocas de representações. De acordo com Laburú, Nardi e Zômpero (2014), as aptidões de ordem motivacional e computacional da mente não se desenvolvem com base em único recurso mental, mas a partir de uma variedade de recursos cognitivos. Assim, o pensamento se desenvolve e se aprimora no uso de múltiplas linguagens representacionais.

Dito isso, consideramos que a integração de diferentes modalidades representacionais tem potencial para favorecer a aprendizagem, uma vez que cada forma e modo representacional carregam propriedades específicas capazes de preencher lacunas deixadas durante o processo de aprendizagem. Nessa perspectiva, para que o processo de representação passe a ter mais significado para o estudante, o professor, durante as atividades de ensino, precisa incentivá-lo a utilizar diversos tipos de representações semióticas, por exemplo, fazer uso da escrita, gráficos, diagramas, símbolos, experimentos, desenhos, textos, entre outros, para representar o mesmo conteúdo científico. Contudo, cabe ressaltar que, quando

se emprega os diferentes modos para representar o mesmo conceito científico, o professor precisa ter clareza de como capacitar os estudantes a fazer conexões entre os modos de representações, a fim de que eles consigam julgar qual modo é mais adequado em situações específicas, bem como reconhecer relações entre os diferentes modos de representação de um mesmo conceito (PRAIN, WALDRIP, 2006).

Do ponto de vista semiótico, pode-se afirmar que o estudante compreendeu determinado conteúdo quando ele consegue transitar entre as diferentes representações, reconhecer e representar um mesmo conceito científico em diferentes registros de representação (LABURÚ; SILVA, 2011b, p. 725). Com efeito, se um mesmo conceito for estimulado em variados modos e formas representacionais, essa ação contribui para a ocorrência de apropriações conceituais mais profundas e permanentes (WALDRIP; PRAIN; CAROLAN, 2010).

As considerações anteriores evidenciam que o uso da multimodalidade representacional na prática pedagógica cotidiana potencializa a aprendizagem de conceitos científicos. Contudo, alguns modos e formas representacionais oportunizam maiores condições de dialogar com os estudantes a respeito dos conteúdos ensinados. Esses modos representacionais rompem com um ensino padrão em que as atividades não estimulam o pensamento e exposição de ideias. O signo artístico, por exemplo, é um modo a se destacar para auxiliar e complementar a construção dos processos e conceitos científicos e que, em combinação com outros modos e formas representacionais, apoia, complementa e aprimora a formação do pensamento científico (LABURÚ; SILVA, 2011b, p. 731).

No cerne das reflexões colocadas, há de se considerar que essa ação pedagógica, a qual abrange o campo da representação semiótica, tem potencial para despertar o interesse dos estudantes de forma a engajá-los na discussão e, com isso, intensificar o processo discursivo em sala de aula, com reflexos na aprendizagem de conceitos científicos. As representações semióticas possibilitam aos estudantes a exposição de ideias e uma construção coletiva do conhecimento científico escolar.

1.2 INTERAÇÕES DISCURSIVAS E APRENDIZAGEM DE CONCEITOS CIENTÍFICOS

A dinâmica discursiva na sala de aula tem sido objeto de grande interesse nas pesquisas em Educação Científica. A dimensão discursiva, nas últimas décadas, apresenta-se como foco de atenção de pesquisadores procedentes de uma variedade de áreas que tem utilizado diferentes métodos de observação (veja, por exemplo, Lemke, 1990; Coll e Onrubia, 1998; Macedo e Mortimer, 2000; Mortimer e Scott, 2002, Aguiar Jr. e Mortimer, 2005; Almeida, 2010; Monteiro et al., 2012; Freitas e Aguiar, 2012). Nessa ótica, esses estudos têm enfatizado o discurso e a interação, buscando investigar, identificar e/ou compreender como ocorrem a construção do conhecimento científico escolar e a elaboração de significados por meio de diferentes formas de interações discursivas em sala de aula: argumentação, questionamentos, exposição de ideias e formulação de hipóteses.

Nessa perspectiva teórica, a linguagem desempenha papel constitutivo na elaboração conceitual, vai além de um simples instrumento e expressão comunicativa torna-se uma ferramenta fundamental para a construção e apropriação do conteúdo científico. Todavia, pesquisas sobre a aprendizagem e desenvolvimento cognitivo têm “[...] prestado pouca atenção direta ao uso da linguagem no processo de aprendizagem” (MERCER, 1998, p. 19).

De acordo com Mortimer e Scott (2002, p. 284), as pesquisas atuais apontam para um novo olhar relativo ao discurso e à interação; porém, ainda é pouca a atenção dispensada por professores, formadores de professores e investigadores da área a essas interações produzidas por diferentes tipos de discursos que podem auxiliar a aprendizagem. Mortimer e Scott (2002, p. 284) consideram as interações discursivas como constituintes do processo de construção de significados. Entretanto, “[...] esses significados dependem da forma como as várias vozes, representando diferentes horizontes conceituais e visões de mundo dos interlocutores, interagem nessa cadeia de significação” (MACEDO; MORTIMER, 2000, p. 155). Por vezes, os estudantes podem aprender por memorização e provavelmente fazer uso desse conhecimento sem saber o que estão fazendo ou ainda atribuir um significado ao conteúdo diferente do ensinado, melhor dizendo, os significados produzidos podem não ser condizentes com o conhecimento científico.

Esse crescente interesse pelo processo de significação nas salas de aula, indagações a respeito de como os significados são criados e desenvolvidos por meio do uso da linguagem e outros modos de comunicação se devem à influência da psicologia sócio-histórica nas pesquisas de Educação Científica (MORTIMER; SCOTT, 2002, p. 283). Pesquisas em Educação Científica com ênfase na dimensão discursiva comumente buscam no referencial da psicologia histórico-cultural ou sociocultural elementos que possibilitem a compreensão e interpretação da dinâmica discursiva na sala de aula.

Vygotsky considera que “a linguagem é mais o importante sistema de signos para o desenvolvimento cognitivo”; construída socialmente, é por meio dela que ocorre a generalização e a abstração, condições relevantes para que o indivíduo compreenda e organize o mundo à sua volta (MOREIRA, 1999, p. 115). Nesse mesmo sentido, entretanto, na dimensão semiótica, Santaella (2012, p. 18) refere-se à linguagem como um emaranhado de “formas sociais de comunicação e de significação”, quaisquer atividades são consideradas “práticas de produção de linguagem e de sentido”.

As considerações anteriores sinalizam que sem a linguagem não seria possível haver comunicação. Os signos não seriam interpretados e não haveria acesso ao significado. Para Mercer (1998, p. 13), a linguagem verbal é um meio vital que serve para representar nossos próprios pensamentos e também nossa principal ferramenta cultural. Todavia, cabe ressaltar que a comunicação não só se concretiza por meio da linguagem verbal, mas vem complementada pela linguagem não verbal, por exemplo, a gestual ou visual (LABURÚ; ZÔMPERO; BARROS, 2013). Existem diversos modos de se comunicar; não nos comunicamos exclusivamente por meio da fala, mas pela sua articulação com imagens, gestos corporais, expressões faciais, movimentos de aproximação e de afastamento, os tons de voz, nosso jeito de vestir e de andar, entre tantos outros (PICCININI; MARTINS, 2004, p. 03).

A maioria das discussões sobre a importância das interações discursivas para a aprendizagem de conceitos científicos remete à linha teórica da pedagogia histórico-cultural ou sociocultural de Vygotsky. Sendo assim, é relevante apresentarmos algumas proposições dessa teoria de Vygotsky antes de adentrarmos na discussão de dimensão discursiva.

Para Vygotsky, “[...] o desenvolvimento cognitivo do ser humano não pode ser entendido sem referência ao meio social, ou seja, de sua interação com

outros indivíduos e com o meio”. A interação social para Vygotsky provoca a aprendizagem, mas essa interação deve ocorrer dentro da zona de desenvolvimento proximal (ZDP), que seria a distância existente entre aquilo que o sujeito já sabe, seu conhecimento real e aquilo que o sujeito possui potencialidade para aprender, seu conhecimento potencial (MOREIRA, 1999, p. 116).

É importante destacar que a interação social, mencionada por Vygotsky, “[...] não tem como objeto de análise nem o indivíduo e nem o contexto, mas a interação entre eles”. De acordo com Vygotsky, o indivíduo aprende para se desenvolver, ou seja, o desenvolvimento das funções mentais superiores exige a internalização de instrumentos e signos em contextos de interação. Sendo assim, a aprendizagem é necessária para o desenvolvimento das funções superiores (MOREIRA, 1999, p. 112).

Segundo Vygotsky, a “[...] a conversão de relações sociais em funções mentais superiores não é direta, é mediada”. Para ele, essa mediação conta com o “uso de instrumentos e signos”. Instrumentos são considerados “algo que pode ser usado para fazer alguma coisa”, e signo, “alguma coisa que significa outra coisa”, por exemplo, “as palavras são signos linguísticos”. Os signos medeiam a relação da pessoa com as outras e consigo mesma. Por outras palavras, o signo é uma ferramenta para o estudo do pensamento e desempenha grande importância na formação do indivíduo; ele não modifica o objeto, e sim age internamente no indivíduo. Assim, o desenvolvimento cognitivo só ocorre se o indivíduo internalizar esses instrumentos e sistemas de signos (MOREIRA, 1999, p. 113-116).

Por sua vez, em uma abordagem de orientação vygotskiana, a atividade didática não é responsável pelo sucesso ou fracasso do aluno, mas ela desencadeia a interação entre professor e estudante, o que pode possibilitar o aprendizado para além do domínio cognoscitivo dos conteúdos e promover uma motivação para o aprendizado (SANTOS, 2012, p. 48).

As colocações anteriores, certamente, justificam a influência da teoria sociocultural quando se estudam processos de interação e discussão em sala de aula. O trabalho colaborativo que permite a troca de ideias e a participação ativa dos alunos mostra-se mais adequado às exigências do ensino atual, pois “[...] propicia mais que uma mera apresentação de conteúdos” (SANTOS, 2012, p. 49). Portanto, cabe ao professor mediar a aprendizagem por meio de estratégias que levem o aluno a tornar-se independente, bem como estimular o conhecimento

potencial, de modo a criar uma nova ZDP a todo o momento. Isso pode ser feito por meio de atividades que potencializem e valorizem as discussões interativas entre professor e aluno ou entre alunos a respeito dos conteúdos propostos, propiciando o jogo interlocutivo na sala de aula, criando ambientes de participação, colaboração, debate e argumentação de ideias que valorizam os pontos de vistas pessoais dos alunos.

As definições supracitadas mostram que “a linguagem é uma ferramenta essencial” nos processos de produção de conhecimento e aprendizagem de conceitos científicos. Ela ocupa um lugar privilegiado devido à sua “dupla função representativa e comunicativa” (COLL; ONRUBIA, 1998, p. 79). Entretanto, as aulas de ciências costumam seguir na contramão desse processo dialógico e interativo, pois não envolvem os estudantes na busca de significados e relações dos fenômenos com situações reais, ou seja, discurso e atividade. De acordo com Macedo e Mortimer (2000, p. 171), é preciso

[...] aprofundarmos a compreensão da dialogia como um elemento constitutivo dos processos de ensino, para que tenhamos uma escola que possibilite aos alunos o exercício da argumentação no processo de elaboração conceitual através da mediação do professor.

Torna-se evidente, então, a necessidade de diálogos produtivos entre conhecimento cotidiano e conhecimento científico; que professores mudem suas práticas de sala de aula, ou seja, rompam com o ensino padrão caracterizado por um discurso fechado, sem referências às coisas do cotidiano do estudante e momentos para exposição de suas ideias e pensamentos.

É surpreendente a discrepância entre o número de perguntas feitas por professores quando comparadas ao número dos estudantes. Os professores gastam até cinquenta por cento do tempo de aula com perguntas e fazem entre trezentas a quatrocentas delas por dia (LEVIN; LONG, 1981 apud ALMEIDA, 2010, p. 305). Enquanto que cada aluno faz, em média, uma pergunta por semana (GRAESSER; PERSON apud ALMEIDA, 2010, p. 305).

A situação apresentada mostra que os professores fazem perguntas em sala de aula e com muita frequência. Contudo, o problema se encontra nos tipos de perguntas que são realizadas, visto que elas, devido à sua natureza, geralmente

não favorecem a interação e o engajamento dos estudantes na discussão, pelo contrário, aumentam a situação de passividade. Para Almeida (2010, p. 306), “o ato de perguntar incentiva os alunos ao raciocínio crítico”. Fazer perguntas configura uma maneira bastante positiva de diagnosticar o que os estudantes sabem ou pensam sobre o conteúdo, de buscar informações adicionais ou esclarecimentos do que já foi dito, mas para que se atinja esse objetivo, é preciso que essas perguntas, frequentemente utilizadas em sala de aula, sejam reestruturadas. Para Mortimer et al. (2014, p. 124), a forma como um professor pergunta pode significar o que ele realmente pergunta, no sentido de querer saber a resposta, ou se sua pergunta é apenas retórica no sentido de avaliar uma afirmação feita por um aluno. São as perguntas que tão somente têm o papel de dar continuidade à própria fala do professor e a sua aula.

Pode-se afirmar, com base nas pesquisas apresentadas, que os professores não têm consciência da alta frequência de perguntas que fazem e que estas são de níveis tipicamente baixos, que exigem principalmente a memória dos estudantes. Isso provavelmente ocorre em sala de aula em razão da formação do professor, do hábito adquirido nos seus muitos anos como estudante e da dinâmica de ensinar e aprender, que se dá em torno de um complexo ambiente, que compreende salas numerosas, com muitas conversas paralelas e falta de interesse pelo estudo. Entretanto, dado que fazer perguntas de alto nível favorece o processo de ensino e é crucial para a Educação Científica, é inevitável que professores propiciem espaços, estimulem os estudantes a fazer perguntas, incentive-os a pensar, a criar e refletir sobre as atividades desenvolvidas em sala de aula.

Para Laburú, Barros e Silva (2011, p. 478), cabe ao professor oportunizar momentos que privilegiem certos modos discursivos a serem empregados com seus alunos de maneira a tornar as atividades de ensino mais flexíveis, mas sem estereotipá-los, nem fixá-los num mesmo modo ou forma representacional durante o ensino; isto é, criar ambientes de ensino e aprendizagem favoráveis ao envolvimento dos estudantes por meio do seu engajamento na realização de tarefas, mediadas pela produção discursiva com seus pares e com professor, é fundamental.

Para Coll e Onrubia (1998, p. 75), determinados usos da fala possibilitam que o professor ou participantes mais competentes, isto é, os próprios estudantes, durante a interação, ajudem, assistam e orientem os aprendizes ou

estudantes menos competentes na construção de sistemas de significados cada vez mais ricos. Mas, para que os estudantes possam discutir os fenômenos que os cercam e assim estruturar esses conhecimentos com o saber da ciência escolar, o professor precisa oportunizar condições para que eles possam levantar hipóteses e testar suas ideias e suposições, bem como criar momentos de discussões em busca de soluções compatíveis sobre os fenômenos científicos com base na sua visão de mundo.

A dinâmica discursiva em uma sala de aula de ciências cumpre um importante papel tanto na identificação das ideias dos estudantes a respeito do tema em estudo quanto numa oportunidade para que eles ensaiem o emprego da linguagem científica escolar (CAPECCHI, 2006, p. 60).

Nessa direção, a atuação do professor é determinante na qualidade da aprendizagem, pois, como mediador, deve lançar situações-problema, observar continuamente as reações dos estudantes, orientando-os quando necessário, a fim de conduzi-los ao conteúdo científico de forma coletiva. Entretanto, Capecchi, Carvalho e Silva (2000, p. 03) alertam que o professor tem dificuldades em desenvolver tarefas que proporcionem discussões em sala de aula. As dificuldades envolvidas abrangem desde a organização das atividades, administração gradativa delas e a adaptação dos estudantes ao processo de ouvir os colegas, até o direcionamento de suas questões para uma sistematização de ideias que levem a conclusões. Uma possível razão a considerar para tais dificuldades consiste na falta de conhecimento específico do conteúdo a ser ensinado. Para Longhini (2008, p. 243), se o professor não conhece sobre o assunto que ensinará, é provável que não se arrisque em atividades relacionadas a tal assunto, já que a falta de conhecimento de conhecimento específico dificulta o desenvolvimento de atividades, como as que envolvem questionamentos, observação e levantamento de hipóteses. Ademais, na carência de conhecimentos de conteúdos científicos, a interação acaba quase sempre sendo com o próprio livro didático disponível nas escolas, o que limita o aprofundamento de tais conteúdos (LONGHINI, 2008, p. 251).

E de acordo com Laburú e Carvalho (2005, p. 103), seguir um único comportamento na sala de aula coloca em risco a aprendizagem, pois pode levar à simplificação dos conteúdos ensinados, enquanto que uma prática pautada numa pluralidade de estratégias de ensino pode estimular os estudantes e,

consequentemente, levá-los a uma aprendizagem de maior qualidade e aprofundamento.

Na visão de Macedo e Mortimer (2000), a construção efetiva do conhecimento depende do professor, este precisa dialogar na sala de aula para que ocorram “novos significados”. Em outras palavras, para se desenvolver atividades discursivas nesse ambiente, é preciso considerar os conhecimentos que os estudantes já possuem, a fim de levá-los à interação, à interpretação e à reconstrução do conhecimento. Para Candela (1988, p. 114), as situações de interação, as histórias e características individuais de cada estudante geram diferentes versões sobre um conteúdo. Essas versões, quando confrontadas, negociadas e reconstruídas por meio de processo interativo contribuem definindo os diversos significados.

Disto temos que o professor tem papel de “mediador” do processo de aprendizagem, sendo a peça fundamental para que as atividades discursivas tenham sucesso na sala de aula. Desta forma, precisa que apresente “perfil curioso, inquieto, de mente viva e capacitado”, para que possa propor soluções nas mais diversas situações que ocorram em uma sala de aula (LABURÚ; CARVALHO, 2005, p. 87).

Como se pode ver, a aprendizagem de conceitos científicos não depende exclusivamente de únicas e fixas atividades e estratégias de ensino aplicadas, mas sobretudo de uma diversidade, sendo que o discurso entre o professor e estudantes deve estar permeando-as. De acordo com Mortimer e Scott (2002, p. 287), o discurso entre professores e estudantes ou entre estudantes é caracterizado em duas dimensões, a saber: o discurso dialógico e de autoridade e o discurso interativo ou não interativo.

1.2.1 A dicotomia Dialogia *versus* Autoridade

O conceito de “abordagem comunicativa” é central na estrutura analítica de Mortimer e Scott (2002), pois permite identificar como o professor trabalha o conteúdo por meio das diferentes intervenções pedagógicas que ocasionam diferentes padrões de interação. A abordagem comunicativa compreende

duas dimensões, a saber: o discurso dialógico e de autoridade; e o discurso interativo ou não interativo.

A primeira dimensão da abordagem comunicativa diz respeito à sequência discursiva, que pode ser do tipo dialógica ou de autoridade. Na abordagem comunicativa dialógica prioriza-se os diferentes pontos de vista do estudante, ou seja, considera o conhecimento do estudante sobre o assunto, mesmo que este não esteja de acordo com o da ciência. Tal tipo de discurso o qual leva em conta mais de uma voz, permite a “inter-animação de idéias”. Sendo assim, então, em um discurso dialógico se expressa mais de um ponto de vista, se acatam diferentes ideias e opiniões durante a discussão. Como se pode ver, o discurso dialógico não se refere àquele produzido por um grupo de pessoas ou por indivíduo solitário, mas ao fato de que ele expressa mais de um ponto de vista, ao passo que a abordagem comunicativa de autoridade se caracteriza quando há referência ao conhecimento científico, ou seja, apenas uma ‘voz’ é ouvida e não ocorre “inter-animação de idéias” (MORTIMER; SCOTT, 2002, p. 287). Todavia, faz-se necessário caracterizar que autoridade não implica autoritarismo do professor. A utilização do termo *autoridade*, abordado no trabalho de Mortimer e Scott (2002), não mantém relação com o termo *autoritarismo*, mas se refere à voz utilizada para direcionar o discurso de viés científico, isto é, a “voz da ciência”, enquanto que autoritarismo indica uma relação de poder, uma oposição à expressão e ação, uma obediência absoluta às normas impostas.

A segunda dimensão da abordagem comunicativa refere-se ao padrão de interação entre professor e estudantes e entre os próprios estudantes no discurso. No discurso interativo, ocorre a participação de mais de uma pessoa, há constantes alternâncias de turnos nas falas. Contrastando, o discurso não interativo ocorre quando somente uma pessoa participa da discussão.

A combinação dessas duas dimensões dá origem a quatro classes de abordagem comunicativa que estão relacionadas ao papel do professor ao conduzir o discurso, a saber: interativo/dialógico; não interativo/dialógico; interativo/de autoridade e não interativo/de autoridade (MORTIMER; SCOTT, 2002, p. 287). No discurso interativo/dialógico, professor e estudantes exploram ideias, formulam perguntas novas, consideram e trabalham diferentes pontos de vista, mesmo que estes não estejam de acordo com a ciência. No não interativo/dialógico, o professor reconsidera na sua fala várias opiniões, não há exploração de ideias dos

estudantes. Já no discurso interativo/de autoridade, o professor normalmente conduz o discurso por meio de uma sequência de perguntas e respostas, a fim de chegar a respostas condizentes com o da ciência escolar. E no não interativo/de autoridade, apenas o professor apresenta um ponto de vista específico (MORTIMER; SCOTT, 2002, p. 288). Mas, como os diferentes tipos de discurso podem auxiliar a aprendizagem?

As discussões a respeito de diferentes pontos de vistas em relação a determinado tema em uma aula de ciências são instrumentos importantes para a construção de explicações (CAPPECHI, 2006, p. 60-61). A utilização do discurso dialógico e de autoridade como prática investigativa pode possibilitar aos estudantes o conhecimento científico, por meio de diferentes ações cognitivas que abrangem desde a interação, exposição de ideias, argumentação e formulação de hipóteses.

Para Laburú e Carvalho (2005, p. 65), a extração de ideias prévias dos estudantes é um mecanismo importante para o desenvolvimento reflexivo e tomada de decisões, a qual certamente leva em direção ao pensamento crítico. De acordo com Mortimer e Scott (2002, p. 302), para que os estudantes desenvolvam um entendimento a respeito do conteúdo estudado ou produzam novos significados, eles precisam engajar-se em atividades dialógicas, de forma interativa ou não interativa e discutir com professor e colegas seu ponto de vista, a fim de elaborar novas ideias. Por meio do discurso dialógico, o professor pode ampliar as possibilidades de aplicação dos conteúdos científicos e de construção de significados explorando as ideias dos estudantes. Entretanto, é preciso que, em algum momento, o professor abandone o discurso dialógico e o conduza pelo discurso de autoridade, introduzindo novos termos, ideias, apresentando o conhecimento científico, pois os estudantes podem ficar discutindo por uma eternidade determinado fenômeno e nunca chegar ao conceito científico que o justifique (MORTIMER; SCOTT, 2002, p. 302). Desta forma, intervenções de autoridade são tão importantes quanto às dialógicas, uma vez que a linguagem social da ciência é essencialmente de autoridade.

Diante do que foi colocado, pressupõe-se que a atividade discursiva na sala de aula precisa ser dosada, pois, de fato, as duas práticas discursivas são importantes no processo de construção do conhecimento. Então, para que o professor sustente o discurso dialógico e de autoridade na sala de aula, é importante que ele considere o ponto de vista do estudante e, ao mesmo tempo, faça

intervenções referentes aos conceitos científicos, permitindo, assim, interações entre estudantes e destes com o professor. A alternância entre o discurso dialógico e de autoridade permite ao professor uma ancoragem para explicações científicas do conteúdo escolar. Nessa direção, a abordagem comunicativa dialógica e de autoridade deveria se caracterizar como uma regra em aulas de ciências, pois, apesar de a fala e o discurso verbal não serem os únicos modos de comunicação nas aulas de ciências, são centrais para o processo (MORTIMER; SCOTT, 2002, p. 304).

Macedo e Mortimer (2000, p. 155) julgam que a efetivação do processo de compreensão e constituição de conhecimento está condicionada à forma como o professor interage com os estudantes. Para os autores, o professor deve permitir as contrapalavras dos estudantes, por meio do diálogo, possibilitando a interanimação de vozes e, conseqüentemente, a geração de significados.

Mortimer e Scott (2002, p. 303) sugerem que deve haver um ritmo entre as diferentes classes de abordagem. Então, cabe ao professor planejar diferentes momentos na dinâmica discursiva com intuito de produzir significados e auxiliar aprendizagem dos estudantes, como iniciar a discussão com um discurso dialógico deixando fluir as ideias dos estudantes, por exemplo. Em um segundo momento, há a necessidade de transitar pelos discursos, dialógico e de autoridade, introduzindo novas ideias, reforçando ou reformulando alguns conceitos para fazer a história científica avançar. Em um terceiro momento, é preciso fechar a discussão com um discurso de autoridade que considera apenas o discurso de viés científico.

Todavia, Santos, Mortimer e Scott (2001) advertem que os professores têm dificuldades em implementar, manter e conduzir um discurso que não seja exclusivamente de autoridade. As dificuldades vão desde como provocá-lo e como sustentá-lo, por um tempo suficiente para que as ideias discutidas sobre o conteúdo possam produzir algum efeito na aprendizagem. Geralmente, os discursos dialógicos em sala se fazem por meio de questionamentos. Mas tal metodologia pode apresentar um indesejado contratempo, a razão disso se deve basicamente às respostas diretas, curtas e raras dos alunos, pois, em sua maioria, não gostam de se expor, por se sentir avaliados, por medo de serem criticados pelo professor ou até pelos colegas. Essa situação pode tornar-se mais crítica ainda se o professor tiver dificuldade em formular perguntas de acordo com as situações apresentadas; ao

ver-se frustrado, acaba retornando rapidamente à transmissão verbal (LABURÚ, NARDI; ZÔMPERO, 2014, p. 452).

Os trabalhos de Mortimer e seus colaboradores indicam que a alternância de gêneros discursivos favorece troca de informações entre professores e estudantes, e construção de novos significados a respeito do conteúdo ensinado. Diante do colocado, a estrutura analítica utilizada por Mortimer e Scott (2002) apresenta-se como uma ferramenta viável para o ensino e aprendizagem de conceitos científicos. Entretanto, sua utilização implica mudanças na prática pedagógica, superação de processos de ensino baseados na transmissão e reprodução de conteúdos.

Tais considerações levam a concluir que as aulas de ciências precisam ser planejadas com organização mais abrangente de conteúdos para atingir resultados satisfatórios de aprendizagem a todos os estudantes. Ademais, é preciso domínio do conteúdo por parte do professor, pois a falta de conhecimento sobre o conteúdo ensinado gera dificuldades de aplicação e sustentação da prática discursiva em sala de aula.

1.3 ALGUMAS CONSIDERAÇÕES A RESPEITO DA ABORDAGEM DA CONSERVAÇÃO DA ENERGIA MECÂNICA NO ENSINO MÉDIO

A Física é uma ciência que “[...] tem como objeto de estudo o Universo em toda sua complexidade [...]” (PARANÁ, 2008, p. 38). De acordo com as Diretrizes Curriculares da Educação Básica de Física essa ciência apresenta três campos de estudo, denominados conteúdos estruturantes, a saber: estudo dos movimentos, a termodinâmica e o eletromagnetismo. Em cada conteúdo estruturante estão presentes ideias, conceitos e definições, princípios, leis e modelos físicos, que o constituem como uma teoria (PARANÁ, 2008, p. 50-57).

A Física é uma das ciências que mais se aplica em nosso dia a dia. O mundo físico está intimamente relacionado ao mundo cotidiano. Entretanto, por outro lado, a maior parte dos estudantes não se sente motivada a estudá-la, o que possivelmente advém do formato tradicional de ensino, limitado à dimensão matemática e ao uso de equações. Essa forma de trabalhar os conteúdos físicos

restringe as possibilidades de questionamentos dos estudantes e não prepara cidadãos para viver no mundo contemporâneo. Pelo contrário, gera problemas na compreensão de conceitos básicos de Física nos estudantes de diversos níveis de escolaridade.

Situado o atual cenário da disciplina, passemos a considerar aspectos relativos à energia e sua conservação na Mecânica. A todo instante, utilizamos energia sob as suas mais diversas formas, seja nos aparelhos elétricos e eletrônicos, seja nos veículos, seja em nosso próprio corpo. De forma geral, ouvimos ou fazemos uso frequente da palavra *energia* em diversas situações, quase sempre inadequadas do ponto de vista científico. Constantemente, em noticiários e propagandas de TV, em revistas e livros e em rodas de conversas, ouvimos essa palavra. Cotidianamente, *energia* adquire significados e propriedades que diferem da linguagem científica. No entanto, é preciso que em sala de aula esses aspectos sejam abordados, pois o uso indiscriminado da palavra *energia* gera uma visão reducionista e, conseqüentemente, certa confusão com outras ideias, como as de força, movimento e potência (BARBOSA; BORGES, 2006, p. 184).

A energia se manifesta, em diferentes formas. A energia elétrica é utilizada em diversos aparelhos; no caso do chuveiro, por exemplo, essa energia é convertida em energia térmica, enquanto que em outros fenômenos, tais como um corpo em movimento, uma bola de boliche lançada por uma pessoa, tem-se energia cinética. Contudo, a maioria dos livros, professores, noticiários de TV referem-se ao conceito de energia, de maneira pouca rigorosa, enfatizando mais as manifestações ou “formas de energia” do que o poder explicativo do conceito (BARBOSA; BORGES, 2006, p. 185).

As situações acima apresentadas evidenciam que a aprendizagem de energia e sua conservação na Mecânica precisa ir além da resolução de equações e problemas clássicos da Mecânica, pois, se apresentado de forma linear e somente por meio de resoluções automáticas de equações, corre-se o risco de não ocorrer a efetivação da aprendizagem, ou seja, o estudante passa usar rótulos para explicar energia mecânica e sua conservação. Essa falta de entendimento também pode gerar uma confusão conceitual entre os termos *Força*, *Energia* e *Trabalho*. Alguns estudos apontam que é comum estudantes utilizarem os termos *Força* e *Energia* como sinônimos (DRIVER, 1994). Barbosa e Borges (2006, p. 185) vão além ao afirmarem que a falta de entendimento do conceito de energia perpassa

os estudantes e afeta também frequentemente professores, que muitas vezes, em razão de sua formação inicial, não possui conhecimento sólido do conteúdo específico a ser ensinado. Longhini (2008, p. 244) alerta que é extremamente importante que o professor tenha domínio sobre os conteúdos a serem ensinados, pois a falta de conhecimento específico do conteúdo parece causar não só problemas na forma como tais conteúdos são ensinados, mas na própria análise crítica da escolha do que ensinar ou não.

1.3.1 Aspectos relativos à Conservação da Energia

Mas, afinal o que é energia? Na visão de Knight (2009, p. 267), “o conceito de energia desenvolveu e sofreu alterações com o tempo”. Dessa forma, definir energia somente em algumas palavras não é tarefa fácil, pois são usadas várias designações e qualificações na sua definição. Knight diz que (2009, p. 269), “[...] as idéias acerca da energia vão muito além da mecânica newtoniana e incluem conceitos novos acerca do calor, da energia química e da energia dos átomos e das moléculas individuais que constituem um sistema”. Hewitt (2015, p. 117-118) exemplifica que, “[...] quando consideramos um sistema qualquer em sua totalidade, seja ele tão simples como um pêndulo balançando ou tão complexo quanto uma supernova explodindo, há uma quantidade que não é criada ou destruída: energia”. As considerações feitas até momento indicam que energia é um conceito científico complexo e ao mesmo tempo muito banalizado.

De acordo com Feynman (2004, p. 115), a Conservação da Energia é uma lei básica da Física, que governa todos os fenômenos naturais conhecidos até agora. De acordo com essa lei, há certa quantidade, que denominamos de energia, que não se altera nas múltiplas modificações pelas quais sofre a natureza. Essa lei é exata, extremamente abstrata, por ser um princípio matemático; diz que há uma quantidade numérica que permanece inalterada quando algo acontece.

Para facilitar a compreensão da Conservação da Energia, Feynman (2004, p. 116-118) ilustra seu significado fazendo uma analogia com “cubos”; para tal, elabora uma fórmula matemática a partir de uma “situação problema” que envolve os personagens “Denis, o Pimentinha”, sua “mãe” e um amigo chamado

“Bruce” e 28 “cubos” idênticos, indestrutíveis e indivisíveis. Na analogia de Feynman, percebemos que, enquanto calculamos a energia, algumas coisas somem e outras aparecem, melhor dizendo, parte dela deixa o sistema e vai embora ou, outras vezes, alguma entra no sistema.

Isso implica que para verificar a Conservação da Energia devemos cuidar para não colocar ou retirar energia do sistema. Outro ponto é que a energia se apresenta de diferentes formas, que podem ser mecânica, calorífica, química, nuclear, mássica [...]. São várias as formas pelas quais a energia se apresenta, e há uma fórmula para cada uma. No entanto, ao somarmos tudo, ela não mudará e o resultado será sempre “28”, exceto quanto à energia que entra e sai (FEYNMAN, 2004, p. 118).

Pelo exposto até aqui, podemos inferir que a Conservação da Energia só poderá ser compreendida se tivermos a fórmula para todas as suas formas (FEYNMAN, 2004, p. 118). Na Física, existem duas outras leis da conservação semelhantes à Conservação da Energia, denominadas: Conservação do Momento Linear e a Conservação do Momento Angular (FEYNMAN, 2004, p. 134).

De acordo com o princípio de Conservação da Energia, “[...] não há jamais criação ou destruição de energia, mas somente conversão de energia de uma forma em outra” (BEN-DOV, 1996, p. 59). Desta forma, a Conservação da Energia ocorre em todo e qualquer sistema físico. Assim, em qualquer interação, se uma quantidade energia “desaparece”, outras formas de energia “surgem” em quantidades equivalentes à energia “desaparecida” (GREF, 2001, p. 111).

Entretanto, vários artesãos e sábios tentaram construir motos-perpétuos, dispositivos capazes de realizar trabalho sem fornecimento de energia a ele; que deveriam funcionar infinitamente pelos seus próprios meios sem nenhuma interferência externa. Mas isso é impossível porque, a energia recebida só pode ser igual ou menor à que for dada pela fonte. E a única forma de elas serem iguais é se não existir atrito.

Seria muito interessante se pudéssemos gerar energia do nada, criar máquinas que realizassem trabalho e funcionassem infinitamente sem “gastos” de energia. No entanto, motos-perpétuos são uma impossibilidade total, pois essas máquinas supostamente apresentariam criação efetiva de energia; o trabalho

realizado por elas seria maior que energia potencial inicial, o que as torna impossível, visto que contraria a lei da Conservação da Energia.

Discussões a respeito de moto-perpétuo parecem enriquecer o estudo do conceito de energia, pois tornam a noção de conservação plausível na interpretação do mundo cotidiano. Dado o exposto, é válido abordar a violação da Conservação da Energia Mecânica, máquinas de moto-perpétuo, ainda que sejam as mais simples de serem desveladas, todavia não no sentido de enfraquecer a noção de conservação, mas sim de usar a violação da conservação como uma ferramenta para tornar as aulas de Física mais significativas e interessantes, com vista à abertura de diálogos e elaboração de significados coesos.

1.3.2 A Energia Cinética

Passemos agora a considerar as duas formas de energia – cinética e potencial, que são a base para outras. Pode-se dizer que, se tivermos um objeto em movimento ou com a possibilidade de vir a realizá-lo, teremos certa quantidade de energia associada. Para um carro se movimentar, ele transforma parte da energia que provém do combustível em energia de movimento, denominada, energia cinética (GREF, 2001, p. 107). Define-se energia cinética de um corpo de massa ***m***, com velocidade de módulo ***v***, pela equação

$$E_c = \frac{1}{2} mv^2$$

Cabe aqui dizer que como a energia cinética de um corpo é função da sua velocidade, e como a velocidade depende do referencial, a energia cinética também depende do referencial. Exemplificando, o passageiro de um avião tem energia cinética nula em relação ao avião, mas não nula em relação ao solo.

Apresentaremos o conceito de energia a partir da definição de trabalho (T). O trabalho é uma grandeza que mede a energia transferida de um

sistema para outro. Assim, dizemos que a variação da energia ou a energia transferida e/ou transformada ou o trabalho realizado pela força depende:

1. *Da componente da força na direção do deslocamento ($F \cdot \cos\theta$); onde θ é ângulo entre a direção da força e do deslocamento;*
2. *Do módulo do deslocamento (d).*

Admitindo que a força seja constante, o trabalho desta força é expresso matematicamente por

$$T = F \cdot \cos\theta \cdot d$$

Como a energia, o trabalho realizado por uma força é uma grandeza escalar, e sua unidade no Sistema Internacional é o joule (J) (GREF, 2001, p. 115). Forças que realizam trabalho provocam deslocamento, portanto, quanto maior a força e deslocamento maior o trabalho.

Porém, é possível fazer força e não realizar trabalho. Por exemplo, não há realização de trabalho nem transferência de energia quando um objeto não se desloca sob a ação de uma força; isso quer dizer que, se sustentarmos um saco de cimento na cabeça, a força que fazemos não realiza trabalho. Ou seja, “gastamos” energia para segurá-lo, porém não há trabalho realizado sobre o saco e nem transferência de energia para ele, já que não ocorre deslocamento (GREF, 2001, p. 115).

Em outras palavras, se não houver força e deslocamento, não há trabalho, ou seja, só existe a realização de trabalho pela força resultante que atua sobre um objeto, quando há variação de energia cinética. Portanto, somente as forças que fornecem ou retiram energia cinética do corpo é que realizam trabalho, as forças que apenas sustentam ou que desviam não realizam trabalho algum. A relação entre trabalho e energia cinética é uma demonstração clássica da Física que costuma ser denominada de teorema da energia cinética. Ela é importante porque possibilita a obtenção da expressão matemática da energia cinética a partir do trabalho ou vice-versa.

$$T_{FR} = E_c - E_{c_0}$$

A diferença entre a energia cinética final (E_c) e a energia cinética inicial (E_{c_0}) é a variação da energia cinética devida ao trabalho da força que atua sobre o corpo. Representando a variação da energia cinética por (ΔE_c), temos:

$$T = \Delta E_c$$

Para finalizar, cabe dizer que trabalho não é uma forma de energia, e sim um modo de transferência de energia de um lugar para o outro ou de uma forma para outra (HEWITT, 2015, p. 117).

1.3.3 A Energia Potencial

A palavra *potencial* indica que existe uma forma de energia acumulada ou armazenada e que de alguma forma pode vir a se manifestar. A energia associada à posição recebe a denominação de energia potencial. A rigor, dizemos energia potencial do sistema, em vez de energia potencial do corpo. O termo *sistema* significa um conjunto de coisas ou objetos.

A Energia potencial gravitacional depende da posição em que o corpo está em relação a um nível de referência, pois se origina da interação gravitacional entre a Terra e o corpo (GREF, 2001, p. 108). É possível acumular energia potencial gravitacional, quando se eleva um bloco em um bate-estaca, conforme o bloco vai subindo, o sistema vai adquirindo energia potencial gravitacional para posteriormente utilizá-la deixando-o cair livremente, de forma a enterrar estacas no chão. À medida que o bloco cai, adquire energia cinética e a energia potencial gravitacional do sistema diminui (GREF, 2001, p. 117).

Inúmeros outros sistemas acumulam energia, por exemplo, em uma usina hidrelétrica existe uma barragem que armazena a água a determinada altura em relação à turbina. Devido à atração gravitacional da Terra sobre a água, podemos dizer o sistema Terra-água armazena uma forma de energia que denominamos de potencial gravitacional. Essa energia pode potencialmente ser

transformada em energia cinética quando, através de tubos, a água atingir as turbinas (GREF, 2001, p. 107).

Podemos obter a expressão matemática da energia potencial gravitacional (E_p) do sistema Terra-corpo pelo trabalho que o peso do corpo $\vec{P} = mg$ pode realizar durante a queda da altura h em relação ao solo. Sendo $F = P = mg$, $d = h$ e $\alpha = 0^\circ$ ($\cos 0^\circ = 1$), o trabalho do peso do corpo em relação ao solo é

$$T = m \cdot g \cdot h$$

Como o trabalho é a medida da energia, o trabalho do peso do corpo é a medida da energia armazenada no sistema Terra-corpo à altura h do solo. Portanto, a expressão matemática da energia potencial gravitacional (E_p) é

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

A energia potencial também pode ser acumulada quando você usa um estilingue, arma um arco antes de disparar uma flecha; dá corda em um brinquedo; nestes casos, é chamada de energia potencial elástica.

Quando esticamos um estilingue para lançarmos uma pedra, inicia-se um processo de transferência e acumulação de energia denominada de energia potencial elástica. Então, quando o estilingue impele a pedra, dá-se outra transformação (e eventual transferência) agora em energia cinética (GREF, 2001, p. 110).

A energia potencial elástica originada da força elástica exercida pela mola sobre um corpo depende do alongamento ou compressão da mola, e só pode existir alongamento ou compressão se algum corpo interagir com a mola. Portanto, cabe ressaltar aqui que a energia potencial elástica não é da mola nem do bloco, é uma propriedade do sistema mola-bloco. O trabalho necessário para comprimir ou distender uma mola, assim como a energia potencial elástica armazenada, não depende do modo como a mola chegou ao ponto de deformação, mas sim da posição relativa entre uma extremidade da mola e a outra (GREF, 2001, p. 121).

Da mesma forma que obtivemos a expressão matemática de energia potencial gravitacional, pelo trabalho do peso do corpo, podemos obter a expressão da energia potencial elástica armazenada no sistema mola-bloco pelo trabalho que a força exercida pela mola pode realizar.

1.3.4 A Energia Mecânica

A energia cinética (E_c) e a energia potencial (E_p) são formas de energia denominadas energia mecânica (E_M), que é sempre fornecida pela soma das energias E_p e E_c , isto é,

$$E_M = E_p + E_c$$

Em um sistema conservativo, a energia mecânica do sistema é sempre constante, não dependendo do momento em que a mensuramos. Isso se deve porque nesse sistema não existem forças externas ou, se elas existem, não realizam trabalho, pois o trabalho é realizado por forças conservativas (GREF, 2001, p. 123). Por exemplo, considere um objeto a determinada altura h , o sistema Terra-objeto possui energia potencial gravitacional; à medida que está caindo, desprezando a resistência do ar (força externa), a energia potencial gravitacional que o sistema possuía no topo da trajetória vai se transformando em energia cinética, e, quando atinge o nível de referência, a energia potencial gravitacional é totalmente convertida em energia cinética, ou seja, na ausência de forças dissipativas, a energia mecânica total do sistema se conserva, ocorrendo transformação de energia potencial em cinética. Neste caso, a Conservação da Energia Mecânica ocorre em qualquer instante da queda, pois a única força atuante é a de atração gravitacional, que é conservativa (GREF, 2001, p. 123).

Suponha que um corpo em movimento tenha num ponto A, energia cinética E_{C_A} e energia potencial gravitacional E_{P_A} . Se não houver forças dissipativas (atrito, resistência do ar), ao mover-se para o ponto B terá energia cinética E_{C_B} e

energia potencial gravitacional E_{pB} . O princípio da Conservação da Energia Mecânica garante que

$$E_{cA} + E_{pA} = E_{cB} + E_{pB}$$

Em sistemas em que agem forças conservativas, a energia mecânica se conserva; podemos dizer que a Energia Mecânica inicial E_{MA} é igual a Energia Mecânica final E_{MB} .

$$E_{MA} = E_{MB}$$

Agora imagine a seguinte situação: uma criança brincando em um escorregador. Terá havido Conservação da Energia Mecânica quando a criança atingir o ponto mais baixo do escorregador? Vejamos: em sistemas dissipativos, a energia mecânica não se conserva, pois o trabalho de forças externas pode retirar ou inserir energia no sistema. O atrito é uma força externa sempre presente nos sistemas, que realiza trabalho para transformar, principalmente, energia cinética em energia térmica (calor) e sonora (som). Então, no caso do escorregador, ao final da queda, não terá havido Conservação da Energia Mecânica, porque, além de transformar-se em energia cinética, parte da energia potencial gravitacional se transforma em energia térmica. A força de atrito entre a criança e o escorregador realiza trabalho, transformando energia mecânica em térmica e, finalmente, o atrito na “caixa de areia” acaba de dissipar a energia cinética da criança (GREF, 2001, p. 122-123).

1.4 FÍSICA E ARTE: UMA RELAÇÃO FECUNDA PARA A APRENDIZAGEM DA CONSERVAÇÃO DA ENERGIA MECÂNICA

Conforme apresentamos anteriormente, o signo artístico constitui-se de um modo representacional privilegiado para provocar interações discursivas, pois

tal modo tem potencial para levar a estimulação de processos cognitivos específicos e a construção dos significados ensinados, com reflexos para a produção do entendimento conceitual, em razão da dimensão estética.

Nesse viés, consideramos que o uso de obras de arte no ensino de Física pode ampliar as possibilidades de compreensão de mundo e potencializar a aprendizagem de conteúdos físicos. Aproximações da Física com a Arte favorecem uma maior compreensão da realidade, permitem igualmente uma maior apreensão de conceitos científicos, construídos a partir de situações de aprendizagem carregadas de sentidos (GOMES; GIORGI; RABONI, 2011).

Guiados por essa perspectiva, utilizamos nessa pesquisa uma obra artística nominada “Queda d’água” (figura 2), do artista gráfico holandês Maurits Cornelis Escher (1898-1972). Antes de adentrarmos as relações da obra de arte (figura 2) com a Física, faz-se necessário uma breve digressão para explicar as técnicas que o artista utilizava em suas obras.

Escher estudou arquitetura na Escola de Belas Artes de Haarlem, onde conheceu um professor de artes gráficas, com quem aprendeu a arte da gravura. Assim, acabou largando a arquitetura e seguindo em frente com a arte gráfica. O artista ficou conhecido por suas xilogravuras, litografias e meios-tons, que tendem a representar construções impossíveis. A xilogravura, considerada a mais antiga das técnicas de gravura, utiliza como matriz a madeira é também conhecida como “gravura em relevo”. A madeira é entalhada para reproduzir imagens que posteriormente podem ser gravadas em outros materiais, como papel ou tecido. A litografia, é outra técnica de gravura, na qual o desenho é feito com lápis bem gorduroso sobre uma pedra bem lisa (pedra calcária).

As obras enigmáticas do artista possuem efeitos de ilusão de óptica, com perspectiva, regras geométricas e inigualável técnica. Ele mistura matemática e arte de forma espetacular. Suas obras retratam fenômenos estranhos, que intrigam o espectador/leitor, causando espanto e perplexidade ao primeiro olhar, fazendo com que o leitor olhe novamente para conferir aquilo que viu. Nesse viés, pode-se dizer que “Escher prepara, conscientemente, uma armadilha para o espectador”. Escher gostava de imaginar outros mundos, com geometrias e leis da Física diferentes das que regem o nosso (CENTRO CULTURAL BANCO DO BRASIL, 2010, p. 17).

Feita tal digressão, passemos às relações da litografia (figura 2) com a Conservação da Energia Mecânica, bem como os motivos que levaram a utilizá-la

em um momento instrucional de uma aula de Física. A obra (figura 2), à primeira vista, parece ser meio antiquada, mas, ao segundo olhar, intriga o espectador/leitor, capturando-o sua atenção à situação de impossibilidade do moto-perpétuo.

Em várias de suas obras, Escher faz alusão ao movimento contínuo, dentre elas, podemos destacar: “Fita de Moebius”, “Cavaleiro”, “Exposição de gravuras” e a misteriosa água-forte “Mãos desenhando”, onde duas mãos desenham uma à outra em um ciclo infinito. A obra “Queda d’água” combina o moto-perpétuo com sutis ilusões de ótica. Escher combina em suas obras aspectos artísticos tradicionais e conhecimentos matemáticos específicos, característica incomum na época (CENTRO CULTURAL BANCO DO BRASIL, 2010, p. 17).

Figura 2 – Litografia: Queda d’água, 1961



Fonte: <http://www.bb.com.br/docs/pub/inst/img/EscherCatalogo.pdf>

A imagem (figura 2) foi escolhida para o trabalho por apresentar um caso de violação da Conservação da Energia Mecânica. A obra artística retrata uma

construção impossível: uma situação paradoxal da circulação de uma correnteza de água autossustentável que gira permanentemente uma roda d'água. Na gravura a água reaproveitada tem sua energia potencial elevada novamente, sem que exista realização de trabalho externo, o que é fisicamente impossível, pois a corrente d'água adquire energia potencial do nada. Já que o consumo de energia para girar a roda d'água, gerando energia cinética de rotação, resulta da conversão da energia potencial gravitacional do sistema Terra-água. O signo artístico faz alusão a uma espécie de moto-contínuo de fácil interpretação, quando comparadas a outros exemplos de máquinas difíceis de serem desveladas teoricamente.

Em síntese, essa gravura que acabamos de descrever tem a sua utilidade no sentido de despertar o diálogo a respeito da Conservação da Energia Mecânica, dado que tem forte potencial conotativo, o que contribui para estimulação do pensamento criativo e ampliação de um processo interativo em sala de aula, com vistas ao aprimoramento da aprendizagem de conteúdos científicos. Isso é possível pela sua dimensão estética, que evoca múltiplas conotações e abre caminhos para abordagem em sala de aula do conteúdo científico. Consequentemente, como caracterizam Laburú, Nardi e Zômpero (2014), aumenta o número de participações, evitando respostas curtas muito comuns na metodologia de questionamentos.

À vista disso, as leituras realizadas pelos estudantes possibilitam ao professor um diagnóstico da aprendizagem de conceitos físicos estudados, bem como uma oportunidade de corrigir, redimensionar e refinar, durante as interações discursivas, conceitos errôneos e/ou superficiais do ponto de vista científico.

1.4.1 As imagens presentes em materiais didáticos para o Ensino de Física

Ao abrir um livro didático de Física, encontramos inúmeras figuras de fenômenos físicos, objetos, símbolos, equações, fotografias, tirinhas, charges, esquemas, tabelas, gráficos, entre outros. Aqui empregamos os termos *imagem* e *figura* como sinônimos, significando qualquer forma de representação figurativa e/ou ilustrativa. Essas imagens pertencentes ao domínio da Física são caracterizadas como visualizações de fenômenos físicos, isto é, são imagens verdadeiras ou reais

que ajudam a observar e interpretar os diferentes fenômenos físicos (JOLY, 1994, p. 24).

Contudo, para que as múltiplas representações visuais de teorias e conceitos físicos auxiliem na construção e comunicação das ideias, elas não devem ser vistas como meras ilustrações que auxiliam na memorização, pois a imagem, quando considerada como um “instrumento de expressão e de comunicação”, designa sempre uma mensagem para o outro (JOLY, 1994, p. 61). Para Joly (1994, p. 23), a imagem pode ser um processo de expressão extremamente rico, inesperado, cognitivo e muito criativo, em razão de o que está explícito e implícito em uma imagem estimular a imaginação do leitor.

Perante o exposto, torna-se imprescindível que durante as aulas de Física as diferentes imagens sejam exploradas pelo professor juntamente com os estudantes, já que o domínio do processo de leitura das imagens pelo estudante tem relação direta com a aprendizagem de conteúdos científicos (LABURÚ, NARDI; ZÔMPERO, 2014, p. 456). No entanto, estudantes parecem não dar atenção as inúmeras representações imagéticas presentes nos materiais didáticos de Física; uma possível razão é que, por representarem a linguagem científica, exigem do leitor conhecimentos específicos do assunto. As maiorias das imagens presentes nos livros didáticos apresentam acentuada função semântica. Essas imagens geralmente não chamam atenção dos estudantes.

Tendo em vista que as representações visuais estão em toda parte, não se restringindo ao material didático de Física, compete ao professor incentivá-los a um olhar curioso e interessado para elas por meio da leitura e discussão da imagem e suas respectivas legendas, visto que a leitura de diferentes imagens constitui-se uma forma de linguagem que contribui para a aprendizagem de conteúdos científicos e ampliação da interação discursiva em sala de aula.

Nessa ótica, consideramos que a imagem artística, tem potencial para auxiliar a compreensão de fenômenos físicos, de forma mais atrativa e envolvente, que os signos científicos, uma vez que o estudante, possivelmente, frente à leitura dessa imagem expõe sua opinião, ideias e pensamentos sem constrangimentos. Conforme colocações em seções anteriores, a imagem artística, por possuir acentuada função estética, torna-se rica para proporcionar abertura e sustentação do diálogo entre professor e estudantes.

A imagem artística utilizada nesse estudo, a litografia “Queda d’água”, tem sido utilizada em diversos livros de Física, por exemplo, em *Fundamentos da Física*, de Orear (1981), *Física em contextos*, de Pietrocola et al. (2010), e *Ciência e Tecnologia*, de Torres et al. (2013). O livro de Orear (1981) é destinado a cursos de Ensino Superior, enquanto o de Pietrocola et al. (2010) e de Torres et al. (2013) são livros didáticos voltados aos estudantes do Ensino Médio.

Porém, nos referidos livros, a imagem é utilizada como uma representação do conceito físico, como uma tentativa de orientar o olhar do estudante para o mundo à sua volta e/ou em forma de exercícios. Geralmente, ela é usada para complementar o texto teórico ou em forma de atividades didáticas.

Orear (1981, p. 84-85) utiliza a imagem (figura 2) no capítulo sobre Conservação da Energia Mecânica, logo após mencionar que a Conservação da Energia é um tema central na Física e na Engenharia e que ela impõe restrições tanto na utilização da energia como na conversão de energia de uma forma em outra. O autor usa a imagem quando menciona que a Conservação da Energia Mecânica impede a construção de máquinas do tipo moto-perpétuo. Orear (1981) assinala ainda que é mais fácil construir motos-perpétuos no papel que na realidade. Já Pietrocola et al. (2010) e Torres et al. (2013) utilizam a referida imagem logo após terem apresentado o conteúdo de Conservação da Energia Mecânica, empregando-a em atividades de fixação. O primeiro autor pede para explicar por que a construção apresentada na imagem não é possível. Semelhantemente, o segundo questiona o que fisicamente está incorreto de acordo com a mecânica clássica na obra artística.

É provável, que esses autores tenham usado a referida obra de arte para tornar mais interessantes e instigadoras as atividades científicas, uma vez que o signo artístico favorece a criatividade e imaginação. No entanto, da forma como se apresenta nos livros citados, a obra de arte “Queda d’água” pode não levar a reflexões profundas; que possibilitem o entendimento do conteúdo científico. Pois, os três casos citados consistem na descrição ou explicação da impossibilidade apresentada na construção antiga, ficando a cargo do professor a exploração do potencial conotativo do signo artístico. Tendo isso em vista, apresentamos nesse estudo uma estratégia instrucional que explora em sua totalidade o signo artístico “Queda d’água”.

1.5 A PROBLEMÁTICA DA PESQUISA

Delineadas as concepções teóricas que pautam este estudo, passemos ao problema que conduz a pesquisa. Esta pesquisa foi realizada com o propósito de responder à seguinte questão: Quais níveis de leitura relativos à aprendizagem da Conservação da Energia Mecânica são identificados nas interações discursivas quando o estudante é provocado a realizar conotações mediante um signo artístico?

Tendo como direcionamento essa questão, o objetivo geral que orientou essa pesquisa compreende identificar o nível de leitura que os estudantes apresentam quando provocados a fazer conotações de uma obra de arte com base nos conceitos físicos estudados da Conservação da Energia Mecânica.

Dois pontos fundamentaram esta pesquisa: o primeiro refere-se à aplicação da prática de conotação de um signo artístico, via alternância entre discurso dialógico e de autoridade, a qual nos rendeu os dados para pesquisa e conseqüentemente propiciou maiores oportunidades de aprendizagem, pois, em razão da função estética presente na obra artística, diferentes conotações foram feitas pelos estudantes na tentativa de relacioná-las com o conhecimento científico; o segundo ponto, do lado do professor, porém fundamental para condução da aprendizagem de conceitos científicos, consiste na identificação do nível de leitura atingidos pelos estudantes durante aplicação da aula com signo artístico, pois funciona como um indicativo da aprendizagem possibilitando a identificação de quais conceitos precisa ser retomado, isto é, fornece um *feedback* do ensino para o professor.

O objetivo deste trabalho não é apresentar ou analisar uma técnica de leitura de imagens, mas sim empregar com fins didáticos os níveis de leitura semiológica, a denotativa e a conotativa: utilizar a leitura semiológica conotativa para instigar os alunos a estabelecerem relações inventivas que associem elementos de uma obra de arte com o que está sendo ensinado. Já que a função estética presente nas obras de arte é uma ferramenta didática extremamente importante para gerar debates e discussões em sala de aula, os estudantes frente a uma obra artística expressam-se sem medo de errar e se preocupar com o certo ou errado; diferentemente da metodologia por questionamentos, que segue um padrão de exatidão (unívoco), a dimensão estética amplia interações discursivas entre

professor e estudantes, ou seja, gera novas oportunidades de ensinar e aprender conceitos científicos (LABURÚ; NARDI; ZÔMPERO, 2014).

À vista dessas considerações, valemo-nos da função estética do signo artístico “Queda d’água” (figura 2), para estabelecer interações discursivas durante a aula via alternância discursiva dialógica e de autoridade. Pois, a dimensão estética do signo artístico possibilita maiores condições de sustentação do discurso dialógico, tarefa árdua para muitos professores. A obra convida o estudante a realizar associações indiretas, portanto não óbvias e nem automáticas à primeira vista, com os conceitos relativos à Conservação da Energia Mecânica.

Como pudemos ver, a litografia “Queda d’água” (figura 2) vêm sendo utilizada em livros didáticos, porém elas, por si só, não estimulam o interesse e a criatividade dos estudantes. Contrária a essa ideia, neste trabalho a obra é usada como uma ferramenta para estabelecer, conduzir e promover a interação discursiva em sala de aula com objetivos de levar à aprendizagem da Conservação da Energia Mecânica.

Cabe mencionar aqui que essa mesma gravura (figura 2) foi utilizada por Laburú, Nardi e Zômpero (2014). Desse modo, este estudo compartilha características com o estudo dos autores no que diz respeito à função estética dos signos artísticos favorecerem as interações discursivas a respeito dos conteúdos científicos.

Tendo em vista que os estudantes apresentam comumente dificuldades na aprendizagem da energia mecânica e sua conservação, o signo artístico aqui proposto mostra-se uma ferramenta importante para propiciar mudanças nesse cenário e aprimorar aprendizagem. Consideramos que o debate e as discussões em sala de aula com o auxílio da obra de arte, por meio do estabelecimento de correspondências conotativas com os conteúdos científicos, amplie o entendimento dos estudantes sobre a energia e sua conservação na Mecânica a partir de suas exposições, dos colegas e professor.

Introduzimos o referencial teórico da multimodalidade e múltiplas representações para justificar o uso das imagens artísticas como um modo de representação potencializador e motivador para elaboração de conceitos científicos. Consideramos a obra artística (figura 2) como uma ferramenta instrucional relevante para ativar modos de representação distintos e complementares aos empregados no

ambiente escolar, com potencial para promover uma aprendizagem mais eficaz dos conteúdos científicos.

Logo, pode-se dizer que, do ponto de vista da multimodalidade representacional, a representação imagética/figurativa é um modo representacional a destacar dentre outros. Dessa forma, comporta-se como um “andaime conceitual”, visto que funciona como um apoio para o aluno construir determinado conceito (LABURÚ; SILVA, 2011b, p. 728). Guiados por essas colocações, e com inspiração na multimodalidade representacional defendemos o uso da imagem artística em aulas de Física para conduzir à aprendizagem de conteúdos científicos.

A leitura da imagem, nesta abordagem, tem como propósito desenvolver a construção de novos significados, na qual cada signo componente da obra de arte é tratado como um significante em que os significados são ancorados na base de interesse do leitor. Conforme colocações em seções anteriores, a obra de arte abre um leque de interpretações determinado por sua função estética, logo leituras diferentes são suscitadas, uma vez que a interpretação depende do grau da sensibilidade, de condições iniciais de conhecimentos e experiências do leitor, inclusive um mesmo leitor em diferentes momentos poderá fazer interpretações diversas.

Assim, utilizamos a imagem artística com o intuito de que ela sustente e ao mesmo tempo potencialize o diálogo em sala de aula e, conseqüentemente, contribua com o aprimoramento da aprendizagem. Nesse viés, a multimodalidade representacional e o discurso dialógico de autoridade, de modo complementar, compõem a ideia central deste estudo.

Tendo a intenção de contribuir com a aprendizagem da energia mecânica e sua conservação, utilizamos o signo artístico “Queda d’água” (figura 2), porém outras imagens artísticas, por exemplo, tirinhas e charges, podem ser utilizadas com intuito de propiciar conotações relativas a conceitos físicos, suscitar debates e exposições de ideias, a fim de potencializar a construção do conhecimento científico, como foi feito em Estevão (2013), que se ocupou em provocar e sustentar o discurso dialógico e de autoridade por meio de uma estratégia didática de denotação e conotação de signos artísticos, a fim de que fosse discutido o tema "conservação ambiental" no Ensino de Biologia.

No cerne das considerações apresentadas, fica evidente que um conhecimento sólido e com significado sobre o conteúdo de energia mecânica e sua

conservação está condicionado à forma como o conteúdo é abordado em sala de aula. Assim, o uso de diferentes atividades e abordagens metodológicas que estimulem a participação mais efetiva dos estudantes para discussão do tema pode funcionar como fio condutor para aprendizagem do conteúdo em estudo.

CAPÍTULO 2

PROCEDIMIENTOS METODOLÓGICOS

Este capítulo tem como finalidade descrever os procedimentos metodológicos que direcionaram as etapas de investigação da pesquisa. Para tal, traz informações a respeito dos sujeitos a que se refere o estudo, da natureza da pesquisa, dos encaminhamentos referente a aula instrucional com o signo artístico, bem como os procedimentos usados para obtenção das informações. Apresenta, ainda, o instrumento analítico utilizado para tratar os dados e informações de âmbito geral, com o objetivo de esclarecer como se deu a fase transcrição, organização e a exploração dos dados recolhidos.

2.1 OS SUJEITOS DA PESQUISA

A presente investigação foi realizada em uma turma do terceiro ano do Ensino Médio da Rede Particular de Ensino, do Norte do Estado do Paraná, no primeiro semestre de 2015. A turma foi escolhida por conveniência, em razão de já terem estudado o conteúdo de Conservação da Energia Mecânica, no primeiro ano do Ensino Médio. Participaram da pesquisa a professora regente e os doze estudantes que integram essa turma. Por motivo de preservação de identidade os estudantes foram identificados na pesquisa aleatoriamente como E1, E2, E3, etc., e à professora regente como P.

2.2 A NATUREZA DA PESQUISA

A presente pesquisa corresponde a uma investigação qualitativa de natureza descritiva que objetiva identificar os níveis de leituras de um signo artístico atingidos pelos estudantes durante uma aula instrucional de Física. De acordo com Bogdan e Biklen (1994), na pesquisa qualitativa o pesquisador se interessa mais pelo processo do que simplesmente pelo produto. Ele procura entender os fenômenos segundo a perspectiva dos participantes e, a partir daí, faz a interpretação dos fenômenos estudados com base no referencial teórico escolhido.

Os dados descritivos para esse estudo foram obtidos por meio de gravações em áudio e vídeo. Em uma pesquisa descritiva, o pesquisador busca observar, registrar, analisar, classificar e interpretar os fatos, porém sem interferência direta. Ele descreve ou caracteriza com detalhes uma situação, um fenômeno ou uma problemática (FIORENTINI; LORENZATO, 2006). A fonte de dados é o local onde ocorre a atividade, e o pesquisador procura identificar e compreender os dados nos pormenores, de forma minuciosa descreve e interpreta o que está implícito nos dados recolhidos, a fim de identificar as ocorrências frequentes em certo fenômeno, sua relação e conexão com os outros, sua natureza e peculiaridades (BOGDAN; BIKLEN, 1994).

Vale esclarecer que a “[...] pesquisa qualitativa não utiliza modelos matemáticos e/ou aplicações estatísticas, mas interpretação de textos, sons, imagens e até linguagem não verbal” (GUBA; LINCOLN, 2005 apud PAIVA JÚNIOR; LEÃO; MELLO, 2011, p. 191). Então, desse modo, a objetividade de um estudo qualitativo é estabelecida em termos de validade e confiabilidade de suas observações. De acordo com Paiva Júnior, Leão e Mello (2011, p. 194-195), a validade refere-se à capacidade que os métodos utilizados numa pesquisa propiciam à construção fidedigna de seus objetivos. E a confiabilidade refere-se à garantia de que outro pesquisador poderá realizar uma pesquisa semelhante e chegará a resultados parecidos.

Como as pesquisas qualitativas em alguma instância têm caráter interpretativo, a subjetividade do pesquisador está por toda a pesquisa. Para garantir validade e confiabilidade em uma pesquisa qualitativa, deve-se submeter a pesquisa a critérios de qualidade (veja PAIVA JÚNIOR; LEÃO; MELLO, 2011, p. 195). Para este estudo, utilizamos como critérios de qualidade o modo de triangulação que contribui tanto para validade quanto para confiabilidade. De acordo com Jick (1979 apud PAIVA JÚNIOR; LEÃO; MELLO, 2011), “[...] a triangulação é uma estratégia de pesquisa de validação convergente tanto de métodos múltiplos quanto de multi tratamento dos dados relativos a um mesmo fenômeno”.

À vista do colocado, consideramos que nesta investigação houve um trabalho colaborativo, assim como descreve Fiorentini e Lorenzato (2006), visto que a pesquisadora procurou discutir a respeito da atividade proposta, contribuir com materiais de apoio para aplicação da aula instrucional. Ademais, trocou ideias e

discutiu com a professora regente questões relativas ao comportamento e desempenho dos estudantes antes e durante a aplicação da aula.

Assim, a pesquisa abordada neste estudo apresenta-se sob a forma de estudo de caso. Pois, propomos investigar um fenômeno partindo do seu contexto real, com intenção de compreender o processo para chegarmos a possíveis generalizações do estudo. Nesse método qualitativo, a interpretação e análise dos dados coletados levam em consideração toda sua riqueza, respeitando, na medida do possível, a forma como foi realizada a coleta dos materiais (BOGDAN; BIKLEN, 1994).

2.3 ENCAMINHAMENTOS DA AULA INSTRUCIONAL

A aula instrucional com o signo artístico foi desenvolvida no tempo e horário normal das aulas de Física e realizada pela professora P. O tempo total para a realização da intervenção foi de uma hora/aula. A estratégia didática proposta nesse estudo contou com a prática conotativa de um signo artístico, para tal, estudantes da turma foram instigados a realizar conotações do signo artístico “Queda d’água” (figura 2). Com efeito, a professora procurou estabelecer interações discursivas com os estudantes a fim de levá-los a um esforço imaginativo para a tradução da obra por meio do conteúdo estudado de Conservação da Energia Mecânica.

Contudo, para aplicação da estratégia didática, foi necessário reunir-se antecipadamente com a professora da turma para tratar da aplicação da aula na turma. A pesquisadora não manteve contato direto com os estudantes, somente com a professora regente da turma. O convite à professora regente para participação da pesquisa em questão deu-se por meio de uma conversa informal. Explicados de forma resumida os objetivos do trabalho, a professora se interessou pela pesquisa e aceitou aplicá-la, pois ministrava aulas em uma turma do terceiro do Ensino Médio de um colégio da Rede Particular. Posto isso, para maiores detalhes, a pesquisadora sugeriu à professora a leitura do projeto de pesquisa e artigos relacionados, antes da realização da aula.

Decorridas duas semanas, a pesquisadora reuniu-se novamente com a professora regente para informá-la dos objetivos, procedimentos e tirar possíveis dúvidas a respeito da pesquisa e sua aplicação. No encontro, fizemos considerações sobre as possíveis leituras do signo artístico “Queda d’água” (figura 2); para tal, discutimos: por que utilizar a gravura nas aulas de Física? O que os alunos deveriam perceber na obra artística? Quais perguntas poderiam ser feitas para instigar a discussão da imagem? E, também, como deveria ser a condução das interações discursivas e em que consistia a abordagem comunicativa dialógica e de autoridade? A pesquisadora orientou a professora para que no início da aula o discurso fosse dialógico; para isso, sugeriu a ela que procurasse instigar os estudantes de início a fazerem uma leitura denotativa, a fim deixá-los falar o que estavam vendo; em seguida, que explorasse os elementos da imagem e que ao mesmo tempo fosse considerando as diferentes ideias e interpretações, já que, em razão da função estética, o signo abre um leque de interpretações, o que favorece a dialogicidade por meio de múltiplas conotações. Dessa forma, conforme as diferentes ideias fossem surgindo, que ela fosse as reelaborando e as integrando em discurso científico, que o discurso de autoridade fosse usado para levar a discussão ao aprofundamento das ideias e estabelecimento de relações com o conteúdo de Conservação da Energia Mecânica.

Assim, ficou acordado com a professora regente que a aula instrucional seria aplicada após ela ter trabalhado a revisão do referido conteúdo, já estudado no primeiro do Ensino Médio. A professora trabalhou aulas anteriores conforme estava habituada e de acordo com o material didático adotado, com exceção da aula com o signo artístico.

Para que atingir os objetivos da pesquisa a aula instrucional teve que ser gravada, em áudio e vídeo. O tempo total de gravação é de aproximadamente vinte e dois minutos. A solicitação de autorização para gravação da aula foi feita por intermédio da professora regente, que entrou em contato com a direção e equipe pedagógica do colégio e apresentou os objetivos e a proposta da pesquisa, que atenderam prontamente à solicitação da aplicação da estratégia instrucional e a gravação das aulas em áudio e vídeo.

Após a realização da aula, a pesquisadora entrou em contato com a professora para trocar informações relativas a percepções gerais, como o andamento das atividades, participação e desempenho dos estudantes e também

para recolher as gravações em áudio e vídeo feitas durante a aula. Considerações a respeito do perfil estudantil de alguns também foram realizadas na ocasião. Por conseguinte, outras conversas foram necessárias com a professora regente para sanar as dúvidas referentes à fala dos alunos e também para apresentar à professora a análise dos dados recolhidos.

2.4 COLETA DE DADOS: INSTRUMENTOS E PROCEDIMENTOS

A estratégia de leitura da obra de arte foi aplicada após a professora ter retomado alguns aspectos relativos ao conteúdo de Conservação da Energia Mecânica, porque, conforme colocações do capítulo teórico, os estudantes precisariam ter conhecimento do conteúdo para realizar conotações de base científica. Aulas anteriores serviram de subsídios para leitura da imagem artística, funcionando supostamente como condição mínima para os estudantes realizarem conotações de um signo artístico, sob uma perspectiva de conceitos físicos.

Para a coleta de dados foram usadas duas filmadoras digitais e um celular para gravar o áudio. Antes de iniciar a aula, a professora ligou as filmadoras, que permaneceram fixas nos cantos direito e esquerdo da sala de aula, de frente para os alunos e também colocou celular no meio da sala para captar o áudio. Logo após, explicou no que consistia a presente aula e solicitou a permissão para gravação do áudio e vídeo. Solicitou também que aqueles que concordassem dissessem “sim” e levantassem a mão.

Para não interferir diretamente no ambiente de pesquisa, a pesquisadora optou por não estar presente no dia da aula instrucional, já que isso poderia provocar constrangimentos na professora e estudantes e, assim, comprometer os dados coletados. Procuramos deixar o ambiente mais próximo possível do real, mas os estudantes não estavam habituados à gravação das aulas; isso causou certo constrangimento, conforme relatos da professora.

Após esse momento de preparação, a professora regente, usando o projetor multimídia, projetou o signo artístico de Escher (figura 2) e solicitou aos alunos que falassem sobre a imagem artística. Iniciou a discussão dizendo, tendo

em vista essa imagem, gostaria que vocês falassem sobre ela. O que essa imagem retrata?

A referida professora propiciou novas oportunidades de conotações, pois em sua fala sempre repetia o que os alunos falavam e/ou instigava-os a explicar com maior precisão o que estavam querendo expressar. Na tentativa de dar seguimento à discussão, foi elaborando novas questões de acordo com as respostas dos estudantes. Para instigar os estudantes a fazerem a leitura da imagem com base nos conceitos físicos estudados, perguntou a eles que elementos presentes na obra podem ser associados aos conceitos físicos já estudados.

A professora procurou manter as interações discursivas em sala de aula de acordo com o modelo de abordagem comunicativa, o discurso dialógico e de autoridade.

2.5 INSTRUMENTO ANALÍTICO

Para examinar as leituras realizadas pelos estudantes, elaboramos um instrumento analítico (quadro 4); para tal, foi necessário estabelecer alguns critérios de categorização para os níveis propostos. Esses níveis determinados, *a priori*, foram categorizados em consonância com as definições de Barthes (2012) para denotação e conotação e as considerações da proposta de Peruzzolo (2004) acerca dos níveis de leituras denotativa, conotativa e polissêmica apresentadas no capítulo teórico. Nesse viés, o instrumento analítico teve como objetivo identificar os níveis de leitura produzidos pelos estudantes, no sentido de examinar se eles leram a imagem, utilizando elementos científicos relativos à Conservação da Energia Mecânica ou não. Permite, ainda, avaliar quais contribuições relevantes a imagem artística, por evocar múltiplas conotações, propiciou à aprendizagem da Conservação da Energia Mecânica, via interações discursivas.

No quadro, encontramos quatro níveis de leitura relativos ao conhecimento do estudante, a saber: no nível 1, enquadram-se denotações que se prendem exclusivamente à identificação dos constituintes da obra, ou seja, consiste na descrição e/ou narração dos elementos presentes na obra de arte. O nível 2 corresponde a conotações da obra de arte que contemplem interpretações de senso

comum e/ou que apresentem conceitos físicos que não estejam relacionados à energia mecânica e sua conservação, mas sem nenhuma demonstração de aprendizagem. Já o nível 3 corresponde a conotações da obra de arte à luz de termos físicos aprendidos sobre a energia e suas modalidades, por exemplo, energia potencial, cinética, mecânica, trabalho, etc. O nível 4 corresponde às conotações da obra de arte que tratam da violação da Conservação da Energia Mecânica e que consideram as questões relativas a essa conservação, como o problema do motor perpétuo.

Com o objetivo de reduzir as possíveis inconsistências e contradições nas análises, submetemos esse instrumento analítico a técnica de triangulação (PAIVA JÚNIOR; LEÃO; MELLO, 2011). Para isso, tomando por base as definições do capítulo teórico e, em decisão conjunta, com o orientador e grupo de pesquisa buscamos reduzir possíveis problemas presente no instrumento analítico no que se refere ao enquadramento das falas dos estudantes nos respectivos níveis de leitura 1, 2, 3 e 4, a fim de garantir conclusões coerentes e condições para que outros pesquisadores possam utilizar esse instrumento analítico em cenários de pesquisa diferentes.

Quadro 4 – Instrumento Analítico

NÍVEIS DE LEITURA	CLASSIFICAÇÃO	DESCRIÇÃO
NÍVEL 1	Denotação	Consiste na descrição e/ou narração dos elementos presentes na obra de arte
NÍVEL 2	Conotação	Consiste em conotações da obra de arte que contemplem interpretações de senso comum e/ou que apresentem conceitos físicos que não estejam relacionados à energia mecânica e sua conservação.
NÍVEL 3	Conotação	Consiste na conotação da obra de arte à luz de termos físicos aprendidos sobre a energia e suas modalidades (energia potencial, cinética, mecânica) e a Conservação da Energia Mecânica.
NÍVEL 4	Conotação	Consiste na conotação da obra de arte como um caso de violação da Conservação da Energia Mecânica.

Fonte: a autora.

Nessa ótica, as conotações desejáveis se fazem no nível 4 (quadro 4), posto que são completas. Nesse nível, as leituras realizadas pelos estudantes apresentam relações conotativas com o conteúdo físico de Conservação da Energia Mecânica. Nota-se que do nível 1 para o 4 o grau de conotação aumenta, isto é, surgem interpretações mais profundas da obra de arte à luz de conceitos relativos à Conservação da Energia Mecânica.

Dessa forma, pode-se inferir que os estudantes que realizaram leituras relacionadas ao nível 4 apresentam indícios de uma aprendizagem efetiva, pois, de acordo com Barthes (2012), as conotações variam para diferentes leitores/estudantes ou para um mesmo leitor em diferentes momentos, leituras mais profundas, ou seja, correspondências conotativas com o conteúdo científico ficam sujeitas ao maior conhecimento e experiências do leitor/estudante.

2.6 TRANSCRIÇÃO E ORGANIZAÇÃO DOS DADOS RECOLHIDOS

Para buscar responder o nosso problema, fez-se necessário investigar as falas produzidas durante a interação para identificar como os estudantes descrevem, explicam e/ou compreendem os conceitos relativos à energia mecânica e sua conservação.

O processo de análise dos dados recolhidos teve início na transcrição da aula (APÊNDICE A), que teve duração aproximada de vinte e dois minutos. Procuramos manter a preservação da identidade dos participantes; para tal, os estudantes foram codificados como E1, E2, E3, etc., e a professora regente como P. Na margem à esquerda da transcrição encontra-se o número correspondente ao turno da fala para facilitar a análise. Em determinadas falas foram indicados alguns comentários entre colchetes, julgados importantes para a compreensão do contexto. Nas falas que não se enquadraram aos níveis do quadro 4, escrevemos entre parênteses e em itálico “turno não utilizado na análise”.

Feita a transcrição das aulas, para facilitar a categorização das falas por níveis de leitura, dividimos os dados provenientes da aula instrucional em quatro partes, denominadas respectivamente por trecho 1, 2, 3 e 4; seguimos a ordem da transcrição do discurso. O trecho 1 corresponde a falas do turno 1 ao 61. O trecho 2

inicia-se no turno 62 e vai até 100. O trecho 3 refere-se aos turnos 101 a 155. Por fim, o trecho 4 compreende os turnos 156 ao 219. Os trechos foram divididos de acordo com a ótica da discussão, visto que as falas dos estudantes apresentaram diferentes enfoques no decorrer da aula.

Elaboramos para cada trecho uma tabela em consonância com níveis de leitura estabelecidos no instrumento analítico (quadro 4). Para categorizar as leituras condizentes com os níveis 1, 2, 3 e 4, consideramos as falas mais expressivas dos estudantes, do ponto de vista científico. Ademais, levamos em conta as falas dos estudantes e as circunstâncias em que foram proferidas, pois o entendimento de algumas falas fica condicionado ao seu contexto. Atentamos ainda para as perguntas realizadas pela professora, com o objetivo de entender a fala do estudante.

Nas tabelas de 1 a 4, estão colocados qual(is) nível(is) predominou(aram) na discussão, bem como quais estudantes participaram da discussão, e ainda os turnos referente a suas falas e total de falas por nível de leitura.

Agrupamos ainda todas as falas resultantes dos trechos 1, 2, 3 e 4, na tabela 5, com o objetivo de analisar todas as falas em conjunto e entender como se deu a leitura da imagem na aula.

E por fim, construímos a tabela 6, que indica o fluxo de leituras, por níveis, para cada estudante, com o propósito de analisarmos como foi a participação de cada estudante durante a aula.

CAPÍTULO 3

APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Este capítulo tem como objetivo analisar os dados com o propósito de identificar e discutir, com base no instrumento analítico apresentado no quadro 4, os níveis de leituras dos estudantes em um momento instrucional de uma aula de Física a respeito da Conservação da Energia Mecânica. Para tal, foi organizado em três seções que visam responder à problemática proposta nesta pesquisa.

Na primeira seção, apresentamos a análise das interações discursivas, dividida em quatro partes, denominadas respectivamente por trecho 1, 2, 3 e 4.

Em seguida, na segunda seção, apresentamos a análise geral das interações discursivas, para isso, agrupamos todas as falas resultantes dos trechos 1, 2, 3 e 4 em uma tabela, com intenção de mostrar como se deu a leitura da imagem na aula.

E por fim, na terceira e última seção, indicamos o fluxo de leituras, por níveis, para cada estudante, com o propósito de analisarmos como foi a participação de cada estudante.

3.1 ANÁLISE DOS TRECHOS 1 AO 4 À LUZ DO INSTRUMENTO ANALÍTICO

Feita a organização dos dados obtidos com a aplicação da estratégia instrucional, neste ponto da pesquisa apresentamos a análise das falas de cada estudante em seus significados, a fim de interpretar como se deu a leitura da obra de arte na aula. Para isso, procuramos analisar se os estudantes se limitaram apenas ao nível 1 e 2, ou se evoluíram para nível 3 e 4 do instrumento analítico (quadro 4) nos diferentes trechos da discussão. Para contextualizar a discussão dos dados apresentamos recortes das falas que exclusivamente serviram para explicar os resultados. O discurso completo encontra-se no Apêndice A, onde pode ser consultado para esclarecimentos.

A análise de cada trecho do discurso proveniente da aula ocorreu da seguinte forma:

1. apresentação inicial de uma tabela com as falas dos estudantes categorizadas por nível de leitura;
2. descrição das falas dos estudantes a partir da distribuição na tabela, com o objetivo de destacar quais níveis tiveram maior número de falas, bem como quais estudantes participaram da discussão;
3. comentários a respeito das denotações e/ou conotações realizadas pelos estudantes na ordem de transcrição das falas;
4. indicação do gênero discursivo mais recorrente durante a discussão, o discurso dialógico e/ou de autoridade.

3.1.1 Análise do trecho 1 (turnos 1 a 61)

Tabela 1 – Categorização das falas do trecho 1

NÍVEIS DE LEITURA	ESTUDANTES/TURNOS DAS FALAS	TOTAL DE FALAS
NÍVEL 1	E1 (5; 16; 47; 59), E2 (4; 6; 14; 19; 21, 34), E3 (17; 35, 54), E4 (7; 10; 22), E5 (24), E7 (8), E9 (9; 56; 58, 61)	22
NÍVEL 2	E1 (30; 50), E2 (39), E5 (28), E6 (32), E7 (37), E8 (51; 55), E12 (33, 52)	10
NÍVEL 3		0
NÍVEL 4		0

Fonte: autora.

Na tabela 1, vemos que as falas dos estudantes se limitaram ao nível 1 e 2; participaram da discussão dez estudantes, a saber: E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8, E9 e E12. Neste trecho as falas mais expressivas foram de ordem denotativa. Os estudantes E3, E4 e E9 limitaram-se a falas denotativas. Em contrapartida, E1, E2, E5 e E7 transitaram entre os turnos 1 e 2 e os estudantes E6, E8 e E12 fizeram conotações relativas ao nível 2.

As primeiras falas da aula foram de cunho denotativo, de nível 1, isso pode ser observado nos turnos 2 a 10, dado que nesses turnos foi realizada uma descrição dos elementos presentes na obra. Em seguida, apesar de nos turnos 12 a 26, as falas ainda apresentarem um caráter denotativo, a discussão teve outro foco, os estudantes fizeram considerações relativas ao trajeto realizado pela água. Nesse intervalo, surge imprecisão quanto ao percurso da água, isso se deve por causa da ilusão de ótica provocada pela imagem. Enquanto, o estudante E2 afirma que a água sobe para cair em forma de cachoeira (turno 14). E1 e E3 apresentam dúvidas a respeito do percurso da água (turno 16 e 22). E o E5 tenta explicar como se dá o trajeto realizado pela água na imagem (turno 24), porém não consegue ir além da figura. Isso indica que as falas desses estudantes são de cunho denotativo, pertencentes ao nível 1 do quadro 4.

A primeira conotação de nível 2 ocorreu quando o estudante E5 reelaborou sua fala referente ao turno 24 para explicar a imagem. E5 fez uso de um termo aprendido em aula: *sistema*. Ele associou a obra artística a um sistema que se movimenta continuamente (turno 28). Apesar de não utilizar adequadamente conceitos físicos para explicar tal situação, ele percebe um movimento contínuo. Diante da fala do estudante E5, a professora reconsidera sua fala repetindo-a (turno 29), na sequência E1 contrária à ideia de E5 afirma que a água não sobe (turno 30). Assim, a ideia apresentada por E5 não é retomada; dessa forma, não dá inferir se o estudante entende o que é sistema na Física.

Diante de tais indagações, a professora questiona se a água sobe ou não (turno 31). Nesse instante, aparecem várias conotações de nível 2, como se pode ver nos turnos 32, 33, 37 e 39. E6 relaciona o movimento que a água faz com uma “força física” (turno 32), e E12 passa a considerar que o moinho empurra a água (turno 33). E7, em razão da fala de E3, o qual diz que a imagem depende do “ponto de vista” (turno 35), questiona se ela está de ponta-cabeça (turno 37). Enquanto, E2 relata que a água está congelada (turno 39). Todas as falas anteriores enquadram-se no nível 2, isso significa que os estudantes não possuem argumentos de ordem científica para explicar por que a água não pode realizar esse tipo de movimento, por isso utilizam-se apenas de argumentos de senso comum para realizar conotações da obra artística.

Nos turnos seguintes a professora na tentativa de guiar a discussão faz perguntas de ordem científica, solicitando aos estudantes que associassem a

obra aos conteúdos físicos estudados (turnos 42, 44 e 57). Contudo, eles ainda se mantiveram presos ao nível 1 e 2. Isso fica evidente nas falas de E1, o qual vê a imagem como uma ilusão de ótica, nível 1 (turno 47) e demonstra não aceitar que a água sobe, nível 2 (turno 50), mas não consegue explicar com base na Conservação da Energia Mecânica a impossibilidade da água subir. As falas de E1, apesar de serem de senso comum, fomentaram a discussão e ocasionaram outras conotações de nível 2. Vejamos, por exemplo, que E8, diante da indagação feita por E1 no turno 50, afirma que é impossível a água subir (turno 51), enquanto que E12 acredita que o moinho desempenha alguma função e poderia empurrar a água para cima (turno 52).

Na sequência, no turno 55, E8 fez uma conotação de nível 2, que contraria a ideia de E12. Para E8, o moinho não tem força suficiente para fazer com que água suba em ziguezague. O estudante E8 demonstra ter conhecimento da impossibilidade retratada na obra. Sua fala aponta indícios de que a água não pode subir como apresentado na imagem, sem que exista realização de trabalho externo. Mas, quando a professora solicita explicações de cunho científico no turno 57, ele não consegue argumentar e explicar com base na Conservação da Energia Mecânica que a energia para girar a roda d'água gerando energia cinética de rotação resulta da conversão da energia potencial gravitacional do sistema Terra-água. Assim, a discussão retorna ao nível 1, visto que E1 e E9 continuam a fazer uma mera denotação da figura, discutindo a questão de perspectiva da imagem (turno 56 a 61). É provável que, se professora tivesse dado mais ênfase à conotação de E8, explorado os termos *força* e *altura*, a discussão teria seguido outro rumo.

Nesse trecho da discussão, houve uma predominância do discurso interativo/dialógico; nas interações discursivas (turnos 01 a 40), várias ideias foram apresentadas, e a professora foi repetindo-as ou reformulando-as, isto é, considerou os diferentes pontos de vista. Nos turnos seguintes, que compreendem 42, 44 e 57, a professora tentou introduzir o discurso de autoridade, fez perguntas direcionadas para a Física a fim de instigar os estudantes a falar sobre os conteúdos estudados e que mantêm relação com a obra, mas não obteve sucesso. Em determinados momentos algumas ideias foram apresentadas simultaneamente, isso provavelmente fez com que algumas falas relevantes do ponto de vista da Física, não fossem exploradas em sua totalidade. Por exemplo, as falas referentes aos

turnos 28 e 55 que abrem oportunidade de trabalhar os termos *sistema* e *força*, geralmente difíceis de serem compreendidos pelos estudantes.

3.1.2 Análise do trecho 2 (turnos 62 a 100)

Tabela 2 – Categorização das falas do trecho 2

NÍVEIS DE LEITURA	ESTUDANTES/TURNOS DAS FALAS	TOTAL DE FALAS
NÍVEL 1	E1 (80; 85), E2 (77), E9 (78; 83), E10 (88), E11 (87)	07
NÍVEL 2	E1 (81)	01
NÍVEL 3	E3 (75), E5 (98), E9 (66; 68; 70), E10 (72; 74)	07
NÍVEL 4		0

Fonte: autora.

Como se apresenta na tabela, as falas dos estudantes enquadram-se nos níveis 1, 2 e 3, em maior medida nos níveis 1 e 3; participaram da discussão sete estudantes, a saber: E1, E2, E3, E5, E9, E10 e E11. Como se pode observar, o estudante E1 transitou pelos níveis 1 e 2, ao passo que E3, E5 e E9 tiveram falas somente de nível 3. E10, que não havia participado da discussão, inicia sua interação com os demais com falas de ordem denotativas e conotativas, de níveis 1 e 3. As falas de E11, que também não havia participado da discussão até o momento, e de E2 foram de nível 1.

O trecho 2 inicia-se com o questionamento da professora; na tentativa de guiar a discussão, ela questiona qual princípio físico pode ser usado para explicar a imagem (turno 62). O estudante E2 menciona “estática, dinâmica” (turno 63), em seguida E1 responde “alguma coisa com peso” (turno 64). Essas duas conotações poderiam ser categorizadas como de nível 2, no entanto, optamos por não considerá-las como tal, pois aparentemente apresentam-se sem qualquer

reflexão, assemelham-se a uma forma mecânica de se expressar, dado que a professora havia solicitado aos estudantes que mencionassem qual princípio físico estaria relacionado com a imagem.

Com objetivo de dar continuidade a aula, perante as respostas dos estudantes, a professora repete alguns termos físicos mencionados anteriormente e solicita a eles que mencionem novos conteúdos físicos que possivelmente podem estar relacionados com a imagem (turno 65). Sem demora E9, no turno 66, realiza uma conotação de nível 3, quando menciona energia potencial gravitacional. Em razão da fala de E9, a professora solicita maiores explicações (turno 67); isso ocasiona outras conotações de nível 3. Por exemplo, E9, no turno 68, faz considerações indicando que ele entende que a energia potencial gravitacional está relacionada à altura. Entretanto, E9 não consegue lembrar a fórmula para o cálculo da energia potencial gravitacional (turno 70). Diante disso, E10 contribui com o grupo mencionando-a (turno 72), sua fala foi categorizada como de nível 3, porque está relacionada com uma modalidade de energia. No curso da discussão, E3 menciona que existe também uma forma de energia do movimento, porém não consegue nominá-la como energia cinética (turno 75). Vale destacar que essa conotação poderia ter sido explorada para enriquecimento da discussão, no entanto, passou despercebido pela professora e colegas, pois nas discussões posteriores não se discute sobre isso. Como se pode ver todas as conotações realizadas nos turnos 66 ao 75 enquadraram-se no nível 3, apesar de serem incompletas, estão relacionadas com energia mecânica e sua conservação.

Nos próximos turnos, 76 a 90, a discussão gira em torno da diferença de nível e se a água sobe. E1 diz, no turno 81, que é impossível a água subir, conotação de nível 2, já proferida por E8 no turno 51. Diante de tal conotação, a professora demonstra interesse pela frase e questiona por que é impossível a água subir (turno 82), mas os estudantes não conseguem argumentar e levar adiante a discussão. Perante a isso, entendemos que a conotação realizada por E1 está mais relacionada ao senso comum do que a conteúdos de ordem científica de Conservação da Energia Mecânica, visto que, nos turnos seguintes ele não consegue sustentar sua fala. Quando a professora, no turno 86, solicita aos estudantes explicações de base científica para a impossibilidade mencionada no turno 81, os estudantes por não terem argumentos científicos para explicar por que é

impossível a água subir, voltam a mencionar elementos relativos à obra de arte, isto é, continuam presos à imagem, com falas de nível 1 (turnos 87 a 90).

A professora tenta, no turno 91, fazer com que eles indiquem conceitos relativos à Física; apesar disso, sem argumentos, os estudantes permanecem em silêncio. Diante de tal situação, a professora faz outras três intervenções (turnos 93, 95 e 97), e somente no turno 98 a discussão é retomada por E5. De acordo com esse estudante, a água precisa ter energia para se mover, mas não tem como ela ter energia potencial gravitacional para cair em forma de queda d'água. A fala de E5 (turno 98) foi categorizada como pertencente ao nível 3, pelo motivo de o estudante ter feito alusão à energia potencial gravitacional como uma forma de energia responsável para fazer a água cair e ainda por reconhecer que a água precisa ter energia para se mover. Isso mostra que ele está envolvido em um raciocínio científico, visto que tenta encontrar uma explicação plausível para a situação de impossibilidade apresentada na obra.

Com intenção de aprofundar a discussão, a professora pergunta se alguém sabe qual princípio físico contraria a ideia representada na obra artística (turno 99), mas os estudantes permanecem em silêncio por um período, sendo necessária nova intervenção da professora para retomada da discussão. Ademais, é preciso acrescentar que na gravação foi possível observar o quanto os estudantes estavam envolvidos na leitura da imagem, que o silêncio provavelmente ocorreu porque eles buscavam explicações por meio de constantes reflexões e observação da imagem, e, ainda, que nos momentos em que ocorrem situações de silêncio, a professora procurou reelaborar as falas dos estudantes com a intenção de levantar novas questões para retomar a discussão.

Consideramos que o trecho 2, teve um número menor de falas que o trecho 1, em razão da professora ter solicitado aos estudantes conotações de natureza científica (turnos 67, 71, 86, 93, 95, 97 e 99). O gênero discursivo que prevaleceu nesse trecho foi o discurso de autoridade, em razão de a maioria das perguntas e respostas indicar conotações de ordem científica. Para direcionar a discussão, a professora precisou aumentar o número de intervenções a fim de instigá-los a fazer leituras da obra à luz de conceitos físicos já estudados. No entanto, cabe ressaltar que as falas relativas aos turnos 66, 75 e 98 poderiam ter sido exploradas em sua potencialidade, pois elas, sem dúvida, enriqueceriam a

discussão direcionando-a ao desenvolvimento de um discurso interativo/de autoridade.

3.1.3 Análise do trecho 3 (turnos 101 a 155)

Tabela 3 – Categorização das falas do trecho 3

NÍVEIS DE LEITURA	ESTUDANTES/TURNOS DAS FALAS	TOTAL DE FALAS
NÍVEL 1	E1 (106; 112), E2 (137), E9 (102; 153), E11 (138)	06
NÍVEL 2	E1 (117; 121, 143); E2 (108; 114; 116; 126, 129), E4 (109; 125; 147), E5 (150), E7 (104; 132; 134; 136; 139; 152), E8 (145); E9 (119; 127), E11 (140; 142; 149), E12 (107; 144)	26
NÍVEL 3		0
NÍVEL 4		0

Fonte: autora.

Conforme apresenta-se na tabela, as falas dos estudantes nesse trecho correspondem ao nível 1 e 2; participaram da discussão nove estudantes, a saber: E1, E2, E4, E5, E7, E8, E9, E11 e E12. Os estudantes E1, E2, E9 e E11 tiveram falas categorizadas como denotativa e conotativa, de nível 1 e 2, enquanto que E4, E5, E7, E8 e E12 tiveram falas relativas ao nível 2. Nesse trecho da aula, não houve falas de nível 3 e 4.

O trecho 3 iniciou-se com a retomada da professora a respeito das falas proferidas pelos estudantes nos turnos anteriores (turno 101). Ela solicitou aos estudantes que recordassem o que haviam falado até o momento. A partir desse instante surgiram novas falas e algumas ideias puderam ser retomadas. O estudante E9 recordou a questão de perspectiva apresentada na figura; para ele a água não

pode cair porque está no mesmo nível (turno 102). Isso mostra que ele ainda se mantém preso à imagem, que sua fala tem caráter denotativo, de nível 1.

Em seguida, para instigar a discussão, a professora questiona os estudantes dizendo se há alguma maneira da água subir. Diante da pergunta realizada pela professora, o estudante E7 faz uma conotação de nível 2, quando menciona “impulso” (turno 104). Com intenção de estender o diálogo e compreender a fala do estudante, a professora pergunta se com impulso a água poderia subir (turno 105). Mas, o E7 não fornece maiores detalhes a respeito do conteúdo físico mencionado. No entanto, sua fala abriu gancho para novas discussões, já que na sequência outros estudantes fizeram novas considerações. Vejamos E1 em razão da fala de E7 respondeu que não sabe dizer se tem impulso; sua fala evidencia que ele não consegue argumentar a respeito da situação apresentada na figura, por isso permanece preso à imagem, com falas de nível 1 (turno 106). Enquanto, E1 se mantém preso a imagem E12 faz uma conotação de nível 2, visto que apresenta uma explicação de como a água poderia subir; para ele a água sobe com o impulso que o moinho faz (turno 107). Ele não fornece maiores detalhes sobre o impulso, porém procura elaborar uma hipótese de como a água poderia subir com base nos conteúdos aprendidos, dado que a professora havia solicitado a eles que mencionassem qual princípio físico estudado se aplica à imagem (turno 99). As falas dos estudantes E7 e E12 apontam que eles não têm definido a Conservação da Energia Mecânica, no entanto buscam explicações na Física para desvendar a imagem.

Em decorrência das discussões anteriores, o estudante E2 elabora algumas hipóteses para explicar como a água poderia subir. Primeiramente, faz uma conotação de nível 2 quando menciona que, se não houvesse gravidade, a água subiria (turno 108). Mais adiante, no turno 114, faz outra conotação de nível 2 quando diz que evaporando ela também pode subir. Apesar de suas falas não terem relação direta com o conteúdo de Conservação da Energia Mecânica, dado que contemplaram questões relativas a evaporação, densidade e gravidade, elas desencadearam novas conotações de nível 2 que ampliaram a discussão sobre a possibilidade de a água subir em ziguezague (turno 108 a 127). Isso se deve porque as imagens artísticas possuem acentuada função estética que evocam múltiplas conotações.

No turno 128, a professora retoma a discussão e procura direcionar o discurso; para tal, diz aos estudantes que a situação representada na imagem tem relação com conteúdos estudados no primeiro ano. Como na sequência os estudantes não estabelecem associações com os conteúdos estudados, ela reforça a fala dizendo que tem ligação com o conteúdo de energia (turno 131). Ainda que tenha indicado qual conteúdo está relacionado com a imagem, os estudantes não mencionam conceitos relativos à energia mecânica e sua conservação. E7, por exemplo, cita “Lei de Pascal”, conotação categorizada como de nível 2, entretanto, quando a professora solicita maiores detalhes a respeito do princípio de Pascal, ele não consegue sustentar e argumentar cientificamente sua fala (turno 132). Mas, em seguida realiza outra conotação de nível 2, isso pode ser observado quando ele diz que dentro da casinha tem algo fazendo uma força para girar a roda d’água (turno 136). Embora a conotação de E7 esteja incompleta do ponto de vista científico, nota-se em sua fala que ele entende que a energia proveniente da queda d’água não é suficiente para manter a correnteza de água em circulação continuamente, sendo necessária a realização de trabalho externo. No entanto, não menciona quais formas de energia apresentam-se na imagem e por que é fisicamente impossível, provavelmente por não ter um conhecimento elaborado do assunto. Logo em seguida, turnos 137 e 138, os estudantes E2 e E11 afirmam que a roda d’água é responsável por levar a água para cima. Isso indica que as falas de E2 e E11 são de nível 1, já que eles não veem a imagem como uma impossibilidade do ponto de vista físico e por esse motivo continuam a fazer mera descrição dos elementos presente na obra de arte.

Nos turnos 139 ao 142, os estudantes E1, E7, E8 e E11 voltaram a realizar conotações de nível 2; eles apresentaram explicações para imagem com base em conteúdos físicos que não têm relação com energia mecânica e sua conservação ou utilizaram argumentos de senso comum para explicar o ocorrido na figura. E7, por exemplo, usou o termo *pressão* para explicar a imagem; para ele a roda d’água faz pressão e impulsiona a água para cima (turno 139). E11, nessa mesma linha de raciocínio, diz que a roda é responsável por manter a água se movendo em ciclo (turno 140). Assim, quando a professora questiona se a roda é responsável pelo movimento da água, o estudante E11 responde que sim, porque a água passa pela roda (turno 142). Já E1 comenta que a roda não desempenha papel algum na situação apresentada (turno 143). E o estudante E12, afirma que a

roda é responsável por empurrar a água (turno 144). Em virtude dos comentários dos colegas no turno 145, E8 diz que o moinho não teria força suficiente para levar a água para cima. A conotação feita por E8 indica que ele percebe que é impossível o percurso realizado pela água, entretanto confunde os termos *força* e *energia* e não cita quais formas de energia estão envolvidas no processo; uma possível razão é que não tenha conceitos científicos organizados.

Com intenção de dar sequência à discussão, no turno 146 a professora pergunta se a água proveniente da queda d'água é responsável pelo movimento da roda. O questionamento da professora ocasionou novas conotações de nível 2, as quais podem ser observadas nos turnos 147 a 152. O estudante E4, por exemplo, realiza uma conotação de nível 2 quando repete a fala da professora mostrando que concorda com ela (turno 147). E o E11 quando cita que como não há altura, é a roda que faz a água deslocar, para tal tenta elaborar uma explicação, porém não utiliza fundamentos científicos (turno 149). Já E5 diz que não é a roda que está mexendo a água, é a água que está mexendo a roda (turno 150). Sua fala indica que ele consegue perceber que o movimento da roda advém da queda d'água, diferentemente dos colegas, que até o momento têm notado somente a roda empurrando a água para cima, mas sua fala não é explorada e passa despercebida por todos. A professora retoma novamente a discussão repetindo os comentários feitos por E5 e E8 em busca de novas falas (turno 151). Prontamente, E7 faz uma conotação de nível 2; ele responde que a água cai e bate na roda fazendo-a girar e empurrando a água para cima (turno 152). Sua fala aponta que ele vê o movimento da água como um ciclo contínuo, em razão de não perceber perdas de energia, por exemplo, por atrito.

Já no turno 153, podemos observar que a discussão retorna ao nível 1, já que E9 volta a abordar a questão de perspectiva da imagem. No turno 154, outra vez a professora retoma a discussão, repete as falas dos estudantes e pergunta novamente qual princípio físico que está relacionado à energia potencial gravitacional. Contudo, os estudantes permanecem por um tempo em silêncio, pois não conseguem estabelecer relação da imagem com a Conservação da Energia Mecânica. Mas, com base nas gravações em vídeo, é possível perceber que todos continuam envolvidos e atentos à aula.

O discurso predominante nesse trecho da discussão foi o dialógico, pois diferentes ideias foram apresentadas favorecendo a dialogicidade. Embora

algumas ideias se aproximassem da visão científica (turnos 136, 145, 150, 152), elas apresentavam-se desconexas. A professora tentou no turno 151 retomar as falas de E5 e E8, mas os estudantes não conseguiram sustentá-las, possivelmente se essas ideias tivessem sido retomadas a discussão teria tomado outro rumo. Ainda que a professora tenha tentado estabelecer um discurso de autoridade em alguns instantes (turnos 128, 131, 151 e 154) fazendo perguntas de ordem científica a fim de direcionar a discussão os estudantes se mantiveram presos aos níveis 1 e 2.

3.1.4 Análise do trecho 4 (turnos 156 a 219)

Tabela 4 – Categorização das falas do trecho 4

NÍVEIS DE LEITURA	ESTUDANTES/TURNOS DAS FALAS	TOTAL DE FALAS
NÍVEL 1	E1 (189; 200; 213; 216), E2 (212; 215); E4 (199), E8 (217), E9 (201), E11 (197)	10
NÍVEL 2		00
NÍVEL 3	E1 (171; 178; 180; 184; 195), E3 (169)	06
NÍVEL 4	E2 (162; 164), E5 (157; 179; 182; 190), E7 (166), E9 (160; 168; 192), E11 (163)	11

Fonte: autora.

De acordo com a tabela 4, as falas dos estudantes nesse trecho da discussão abrangeram os nível 1, 3 e 4, em maior medida nos níveis 1 e 4. Participaram da discussão nesse trecho nove estudantes, a saber: E1, E2, E3, E4, E5, E7, E8, E9 e E11. O estudante E1 teve falas de níveis 1 e 3. Já as falas dos estudantes E2, E9 e E11 foram tanto de ordem denotativa, nível 1, quanto conotativa, de nível 4. E3 teve uma única fala categorizada como de nível 3. Os estudantes E4 e E8 permaneceram no nível 1, suas falas foram apenas de ordem denotativa. E5 e E7 tiveram falas conotativas de nível 4.

O trecho 4 iniciou-se com a fala da professora; que após um momento de silêncio reelaborou as falas dos estudantes questionando-os como

poderia ser denominado a situação apresentada na imagem, se isso acontecesse (turno 156). Em resposta à pergunta da professora, E5 fez uma conotação de nível 4; respondeu moto-perpétuo. A resposta do E5 vem de encontro com o referencial apresentado no capítulo teórico, mas nesse momento não se pode afirmar se ele entende que o moto-perpétuo viola a Conservação da Energia Mecânica. Diante da fala de E5, a professora no turno 158 pergunta o que seria moto-perpétuo. Neste instante surgem simultaneamente várias conotações, as quais foram categorizadas como de nível 4 por estarem relacionadas com a discussão do moto-perpétuo. O estudante E9, por exemplo, na tentativa de explicar o funcionamento do moto-perpétuo, menciona o movimento realizado pela água na imagem e diz que isso seria um movimento contínuo porque a água cai e volta para cima novamente (turno 160). Na tentativa de fazer com que o E5 fale mais sobre o assunto, a professora instiga-o a explicar o que é um moto-perpétuo (turno 161). Todavia, ele não responde prontamente, mas outros colegas, como E2, mencionam que é um “negócio” que “não para” (turno 162 e 164), conotação categorizada como de nível 4 por estar relacionada com o moto-perpétuo. E o E11 complementa dizendo que é “algo” que “faz o mesmo sentido, mesmo caminho, mesma trajetória”. Na tentativa de aprofundar a discussão, a professora pergunta qual o princípio de funcionamento do moto-perpétuo e repete o que E2 havia comentado (turno 165). Em seguida, no turno 166 o estudante E7 responde “constante”, apesar de reconhecermos que ele utiliza o sinônimo de “nunca para” como resposta, consideramos sua fala como de nível 4, porque apresenta relação com o moto-perpétuo. A professora, novamente com intenção de aprofundar o conhecimento e enriquecer a discussão, repete fala dos estudantes, para tal repete o que E7 disse anteriormente e pergunta a respeito do princípio de funcionamento do moto-perpétuo (turno 167). E9, em seguida, no turno 168, também faz uma conotação de nível 4; responde que o moto-perpétuo é algo que parte e volta para o mesmo lugar, mas não fornece maiores detalhes. As conotações feitas nos turnos 160 ao 168 evidenciam que os estudantes não conseguem associar a Conservação da Energia Mecânica com a imagem, apesar de estarem tentando elaborar um discurso científico para explicar o que é um moto-perpétuo.

No curso da discussão, o estudante E3, no turno 169, faz uma leitura da imagem categorizada como de nível 3, quando utiliza o termo *conservação da energia* para explicar o funcionamento do moto-perpétuo. Sua fala foi categorizada

assim porque ele se referiu a conceitos relativos à Conservação da Energia Mecânica. No entanto, no contexto em que foi feito seu comentário, percebe-se que ele considera que no moto-perpétuo a energia se conserva, o que não acontece na prática, dado que viola a Conservação da Energia Mecânica. Os comentários anteriores (turnos 160 a 168), os quais trazem a ideia de movimento constante, provavelmente fizeram com que E3 considerasse que no moto-perpétuo a energia se conserva. No entanto, não dá para inferir se ele entende que na imagem há perdas de energia por atritos e cinética da roda, visto que, mesmo após a professora perguntar se na imagem existe conservação, ele não se manifesta na discussão (turno 170).

Na sequência, no turno 171 o estudante E1 realiza uma conotação de nível 3, pois menciona estar tentando encaixar a conservação da energia dita por E3, mas que não consegue associar esse conteúdo à situação apresentada na imagem. Esse estudante participou bastante da discussão, mas suas falas até momento foram de nível 1 e 2. Notamos que ele procura argumentos na Física para explicar a imagem, mas não consegue identificar qual conteúdo pode estar relacionado com a figura. E somente no turno 178 faz uma conotação mais elaborado de nível 3, quando tenta explicar a “conservação da energia”; ele fala da transformação da energia, de uma modalidade em outra, mas não consegue perceber que a energia relacionada ao movimento é a energia cinética e que na figura há violação da Conservação da Energia Mecânica. Em razão de sua participação percebemos que E1, durante a discussão, foi elaborando sua fala, todavia ainda há uma lacuna no que diz respeito ao conteúdo científico de energia mecânica e sua conservação, dado que ele não consegue perceber violação da Conservação da Energia Mecânica na gravura.

Após a fala do E1, o estudante E5, que expressou anteriormente moto-perpétuo, volta à discussão e fornece mais detalhes sobre o que seria esse aparato; para tal, procura explicar seu funcionamento a partir de uma situação vivenciada anteriormente: o funcionamento de um moto-perpétuo movido por ímãs (turno 179). A conotação de nível 4, feita por E5 mostra que ele sabe como funciona um moto-perpétuo e que não é possível existir dispositivos que produzam energia maior que a energia introduzida ou que sejam capazes de realizar trabalho sem injeção de energia. Entretanto, veio a fornecer maiores informações somente após

os comentários dos colegas; essa postura aponta indícios de que as contribuições dos colegas ajudaram na elaboração científica do conteúdo e explicação da gravura.

Na sequência o estudante E1 retorna à discussão no turno 180 e volta a falar da questão da conservação; em suas falas conotativas de nível 3 (turnos 180, 184 e 195), é possível perceber que ele, mesmo após os comentários de E5, não percebe que na imagem há um caso de violação da Conservação da Energia Mecânica, por isso volta a fazer considerações de ordem denotativa, de nível 1 (turno 189).

Enquanto, E5 continua apresentando argumentos de nível 4, o que evidencia que ele possui um conhecimento mais elaborado a respeito de energia mecânica e sua conservação. Isso pode ser observado nos turnos 182 e 190, pois o estudante, em resposta à professora e diante dos comentários dos colegas, afirma que não há como existir moto-perpétuo e que a situação apresentada na imagem é impossível porque contraria a Lei da Conservação da Energia.

A professora insiste em questionar por que não existe moto-perpétuo; perante sua indagação, o estudante E9 acrescenta que a energia no moto-perpétuo é dissipada (turno 192). Ao utilizar o termo *dissipação de energia* para explicar o funcionamento do moto-perpétuo, o estudante faz uma leitura de nível 4, pois conseguiu ver que a obra artística retrata um moto-perpétuo. Isso evidencia que ele entende porque é impossível o moto-perpétuo, dado que a energia é dissipada no movimento, portanto uma hora vai acabar.

Nos turnos 197 a 218, as falas dos estudantes foram categorizadas como de nível 1; a razão disso se deve à forma como a professora retomou a discussão no turno 196, pois ela repetiu as falas ditas pelos estudantes anteriormente, destacou vários pontos de vistas, mas finalizou seu comentário perguntando o que seria ilusão de ótica. Isso fez com que estudantes voltassem a descrever os elementos presentes na gravura. No turno 208, ela pede aos estudantes que falem o que estão pensando, sem se comprometer com a ilusão de ótica; no entanto, eles ainda continuam a fazer meras denotações da obra. Por fim, faz um fechamento da discussão no turno 219, mencionando o que foi discutido e que a gravura de Escher trata de um caso de violação da Conservação da Energia Mecânica.

Cabe ressaltar ainda que, apesar da tabela 4 indicar que os estudantes E2, E5, E7, E9 e E11 fizeram uma leituras de nível 4, em uma análise

mais minuciosa, percebemos que o estudante E2 teve somente duas falas (turnos 162 e 164), E7 e E11 somente uma fala, que correspondem respectivamente aos turnos 166 e 163, desencadeadas após E5, no turno 157, mencionar o termo *moto-perpétuo*. Consideramos, que embora suas falas se enquadrem no nível 4, pois estão relacionadas ao princípio de funcionamento do moto-perpétuo, elas se limitaram a um breve intervalo do discurso e foram relativamente curtas. Como na sequência esses estudantes não fizeram novas considerações a respeito do moto-perpétuo, não dá para inferir com precisão se eles têm claro que a imagem se tratava de um caso de violação da Conservação da Energia Mecânica. Já em relação aos estudantes E5 e E9, podemos dizer que fizeram a leitura da imagem com profundidade, visto que E5 conseguiu ver a obra de arte como um caso de violação da Conservação da Energia Mecânica (turno 157), explicou em termos científicos a base de funcionamento do moto-perpétuo (turnos 179, 182, 190). Já E9, nos turnos 160 e 168, falou do funcionamento do moto-perpétuo, mas não forneceu maiores detalhes. Entretanto, no turno 192, mostrou ter conhecimento mais elaborado quando mencionou que a energia, nesses sistemas, é “dissipada”, portanto uma “hora vai acabar e seu funcionamento vai cessar”; acrescentou, ainda, que essa situação se apresenta na imagem. As conotações realizadas por E5 e E9 remetem a uma leitura profunda da imagem, mostram que eles percebem as formas de energia mecânica envolvidas no processo e que a obra representa um caso de violação da Conservação da Energia Mecânica.

Nesse trecho da discussão houve momentos de dialogicidade, mas o gênero discursivo que predominou foi o de autoridade, em razão de a maioria das perguntas e respostas indicar conotações de ordem científica e participação de diferentes sujeitos. Para direcionar a discussão, a professora precisou aumentar o número de intervenções em alguns momentos procurou suscitar pontos relevantes para o debate, repetindo as falas dos estudantes e considerando os diferentes pontos de vistas (turnos 156, 158, 181, 187, 196, 198, 202, 211) em outros precisou direcionar a discussão, para tal, necessitou aumentar o número de intervenções, bem como instigar os estudantes a fazerem a leituras da obra à luz de conceitos físicos (turnos 161, 165, 167, 170, 172, 177, 183, 185, 191, 193). No entanto, cabe ressaltar que as falas relativas aos turnos 156, 179 e 192 poderiam ter sido usadas como fio condutor para a aprendizagem, pois as conotações apresentadas indicavam a necessidade de inserção de novos termos e ideias a respeito do

conteúdo abordado. Consideramos que partir delas poder-se-ia sintetizar e aprofundar as ideias que, conforme relatado no trecho anterior, apresentavam-se fragmentadas.

3.2 ANÁLISE GERAL DAS INTERAÇÕES DISCURSIVAS

Para a análise de todas as falas em conjunto, agrupamos as falas dos trechos 1, 2, 3 e 4 e construímos a tabela 5.

Tabela 5 – Categorização geral das falas do discurso

NÍVEIS DE LEITURA	ESTUDANTES/TURNOS DAS FALAS	TOTAL DE FALAS
NÍVEL 1	E1 (5; 16; 47; 59; 80; 85; 106; 112; 189; 200; 213; 216), E2 (4; 6; 14; 19; 21; 34; 77; 137; 212; 215), E3 (17; 35; 54), E4 (7; 10; 22; 199), E5 (24), E7 (8), E8 (217) E9 (9; 56; 58; 61; 78; 83; 102; 153; 201), E10 (88), E11 (87; 138; 197)	45
NÍVEL 2	E1 (30; 50; 81; 117; 121; 143), E2 (39; 108; 114; 116; 126; 129), E4 (109; 125; 147), E5 (28; 150), E6 (32), E7 (37; 104; 132; 134; 136; 139; 152), E8 (51; 55; 145), E9 (119; 127); E11 (140; 142; 149), E12 (33, 52; 107; 144)	37
NÍVEL 3	E1 (171; 178; 180; 184; 195), E3 (75; 169), E5 (98), E9 (66; 68; 70), E10 (72; 74)	13
NÍVEL 4	E2 (162; 164), E5 (157; 179; 182; 190), E7 (166), E9 (160; 168; 192), E11 (163)	11

Fonte: autora.

Nela vemos como é expressiva a quantidade de frases que recaem sobre os níveis 1 e 2, que correspondem respectivamente à descrição e/ou narração dos elementos presentes na obra artística ou as conotações da obra de arte sem ou com interpretações de conceitos físicos. A quantidade significativa de falas nos níveis 1 e 2, evidencia que a imagem provocou múltiplas conotações em razão de

sua função estética, provocou interesses, abrindo um leque de interpretações, que extrapolou o conteúdo de ordem estética e fez com que os estudantes a conotassem sob diferentes pontos de vistas.

Nos primeiros turnos 1 ao 25, é possível perceber que os estudantes realizaram uma denotação da obra. Antes de associarem diretamente a obra ao tema “Conservação da Energia Mecânica”, eles apontaram outras possibilidades de aplicação das mensagens implícitas na imagem, o que contribuiu com a dialogicidade da aula (turnos 28 a 61). Consideramos que o signo artístico “Queda d’água” mostrou-se efetivo para provocar e sustentar as interações discursivas, uma vez que, além da discussão de caráter artístico que leva em conta a questão de perspectiva, os estudantes analisaram também as formas de energia envolvidos na imagem. Isto é observado nos turnos 66 a 81 quando surgem as primeiras interpretações de nível 3 relativas à energia mecânica e sua conservação.

As falas que antecederam a discussão serviram como um fio condutor à leitura da imagem para a maioria dos estudantes, abrindo caminho para novas conotações, estas provavelmente não seriam possíveis sem aquelas. Vejamos, por exemplo, E3 ao mencionar no turno 169 o termo *conservação da energia*, fez com que E1 se manifestasse no turno 171, dizendo que estava tentando associar conservação da energia a imagem. As falas de E3 possivelmente contribuíram para a organização das ideias do estudante E1, pois no turno 178 ele fez uma conotação de nível 3 mais elaborada quando comparada às anteriores.

Conforme mostra a tabela 5, as falas dos estudantes enquadraram-se mais no aspecto conotativo que denotativo e evoluíram para leituras mais profundas ao decorrer das interações, conforme a professora os instigava a buscar na Física explicações para tal imagem (turnos 157 a 184). Assim, as denotações que se referem às que se encontram em nível 1, serviram para fomentar a discussão e abrir diálogo, por conseguinte, de base para “conotações sucessivas”, de níveis 2, 3 e 4.

Como podemos ver o número de denotações (nível 1) e conotações (nível 2) foram maiores que as conotações de níveis 3 e 4. Os dados da tabela corroboram com as considerações apresentadas no referencial teórico, pois a leitura de uma obra artística no sentido preferencial, neste caso, à luz da Conservação da Energia Mecânica torna-se necessário perpassar a descrição dos seus elementos e a orientação para diferentes interpretações a fim de atingir conotações mais

profundas do conteúdo, as quais exigem do estudante apreciações do objeto que vão além do que está explícito.

A pequena quantidade de frases nos demais níveis 3 e 4 permite inferir que poucos estudantes associaram a Conservação da Energia Mecânica à imagem, e são duas as razões que desencadearam essa situação: a primeira está relacionada com a aprendizagem do conteúdo de energia mecânica e sua conservação, visto que é necessário conhecimento efetivo do conteúdo para fazer transposição dos conceitos que envolvem a Conservação da Energia Mecânica em situações fora do contexto em que foram estudadas e conseqüentemente perceber situações as quais violam o princípio da Conservação da Energia Mecânica; a segunda tem relação com as perguntas realizadas pela professora durante a aula e respostas dos estudantes. Embora professora tenha tentado direcionar a discussão por meio do discurso dialógico e de autoridade, pois considerou em diversos momentos os diferentes pontos de vista, reformulou e elaborou novas perguntas com o propósito de aumentar as possibilidades de compreensão do signo artístico, algumas respostas passaram despercebidas por ela e estudantes não sendo exploradas na sequência em sua totalidade (turnos 55, 98, 136, 178).

Dos doze estudantes que participaram da aula, cinco realizaram leituras relativas ao nível 4, a saber: E2, E5, E7, E9 e E11. Todavia, consideramos que dentre os cinco, em razão de suas falas, somente E5 e E9 fizeram a leitura da imagem com profundidade (turnos 157, 168, 179, 182, 190, 192).

3.3 CONSIDERAÇÕES A RESPEITO DA PARTICIPAÇÃO DOS ESTUDANTES

Com intenção de entender como se deu a participação de cada estudante em decorrência das interações discursivas provenientes da aula instrucional com o signo artístico, organizamos a Tabela 6. Nela podemos observar o fluxo de leituras, por níveis, para cada estudante. A partir desses dados, teceremos nossos comentários a respeito do desempenho dos estudantes com vistas à aprendizagem do conteúdo. Aproveitamos ainda para relatar algumas considerações feitas pela professora da turma a respeito do perfil estudantil de alguns estudantes em conversas com a pesquisadora.

Tabela 6 – Categorização das falas por estudante

NÍVEIS DE LEITURA	ESTUDANTES/Nº DE FALAS											
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12
NÍVEL 1	12	10	03	04	01	--	01	01	09	01	03	--
NÍVEL 2	06	06	--	03	02	01	07	03	02	--	03	04
NÍVEL 3	05	--	02	--	01	--	--	--	03	02	--	--
NÍVEL 4	--	02	--	--	04	--	01	--	03	--	01	--
Nº DE LEITURAS POR ESTUDANTES	22	18	05	07	08	01	09	04	17	03	07	04

Fonte: autora.

Como podemos verificar na tabela 6, o estudante E1 foi o que mais participou da discussão, teve vinte e duas falas distribuídas entre os níveis 1, 2 e 3, em maior frequência no nível 1. Analisando as falas de E1 percebemos, logo no início da discussão, que ele não aceita a possibilidade de a água subir como se apresenta na imagem (turnos 50 e 81) e que, no decorrer da aula, foi elaborando conceitos relativos à energia mecânica e sua conservação. Isso pode ser observado nos turnos (171 a 180) quando ele consegue fazer leitura da imagem à luz da Conservação da Energia Mecânica. Suas falas evidenciam que ele não reconhece todas as formas de energia envolvidas no processo e que na obra temos um caso de violação da Conservação da Energia Mecânica (turno 178). Isso provavelmente se deve porque não tem conhecimento profundo do conteúdo. Contudo, suas falas ajudaram a fomentar a discussão (turnos 50, 51 e 52). De acordo com a professora da turma, E1 é um estudante esforçado e realiza todas as atividades. Isso explica seu envolvimento na discussão e as tentativas de associações da imagem com os conteúdos estudados.

Já o estudante E2 teve falas de níveis 1, 2 e 4, totalizando dezoito falas durante a discussão, em maior medida de nível 1 que correspondem a descrição de alguns elementos da obra (turnos 06, 14, 19, 21, 34, 77, 137). Já nas conotações de nível 2, observamos que ele procurou associar outros conteúdos

físicos que não tem relação com energia mecânica e sua conservação (turnos 39, 108, 114, 116, 126 e 129). As falas referentes aos turnos 162 e 164 foram categorizadas como de nível 4 porque estavam relacionadas com funcionamento do moto-perpétuo. Como foram relativamente curtas, não dá para afirmar que ele entende a imagem como uma espécie de moto-perpétuo, apesar de tentar explicar seu funcionamento.

Em relação ao E3, observamos que ele teve somente cinco falas durante a discussão de níveis 1 e 3. Os turnos 75 e 169 foram categorizados como de nível 3 por estarem relacionados com o assunto. No entanto, suas falas evidenciam que ele não entende a Conservação da Energia Mecânica de forma plena, dado que os conceitos mencionados são incompletos e não se aplicam ao funcionamento do moto-perpétuo.

E o estudante E4 teve um total de sete falas de níveis 1 e 2, suas conotações de nível 2 giraram em torno do percurso realizado pela água (turnos 109, 125 e 147). Elas indicam que ele não aceita a situação apresentada na gravura, no entanto, não apresenta argumentos para sustentá-las, provavelmente por falta de conhecimento do conteúdo (turnos 109, 125 e 147).

O estudante E5 teve falas relativas aos níveis 1, 2, 3 e 4 totalizando um total de oito falas. Em razão delas podemos inferir que ele teve uma aprendizagem efetiva do conteúdo, visto que conseguiu associar a imagem a Conservação da Energia da Mecânica. No turno 28 ele deu indícios de que a imagem remete a um ciclo contínuo, e nos turnos 98 e 150 fez considerações relevantes sobre energia mecânica, entretanto somente no turno 157 mencionou moto-perpétuo e nos 176, 179 e 189 fez conotações mais concisas e profundas. Suas falas apontam que, conforme a discussão foi avançando, ele foi elaborando o conceito científico, a partir das considerações dos colegas. Segundo a professora da turma, E5 não tem hábito de resolver todos os exercícios da apostila, porém gosta de realizar experimentos e assistir vídeos relacionados ao conteúdo. Diante dos comentários da professora, podemos inferir que a imagem provocou em E5 motivação para aprendizagem, possivelmente as experiências vivenciadas anteriormente serviram de suporte para sua interpretação, dado que este estudante fez conotações de cunho científico extremamente relevante sobre a imagem.

No entanto, E6 fez apenas uma conotação de nível 2 durante toda a discussão. Apesar de ter somente uma fala, na gravação em vídeo percebemos que

ele estava atento à aula e sempre observando os colegas. Em uma conversa com a professora da turma, constatamos que nas aulas diárias de Física ele é pouco participativo e apresenta dificuldades de aprendizagem, então, provavelmente por falta de argumentos científicos, não se manifestou.

Por outro lado, o estudante E7 teve falas de níveis 1, 2 e 4, totalizando nove falas durante a discussão, realizando, em maior medida, conotações de nível 2. Das nove falas, sete foram categorizadas como de nível 2 (turnos 37, 104, 132, 136, 139 e 152), por não apresentarem relação direta com energia mecânica e sua conservação, entretanto, notamos em suas falas que ele percebe que é necessário “algo” para fazer a água subir e que existe uma relação entre a queda d’água e o movimento da roda para empurrar a água para cima, mas ele não consegue ir além; provavelmente por não ter conhecimento de ordem científica, não consegue perceber que a energia proveniente da queda d’água não pode ser totalmente reaproveitada, devido à perda de energia cinética da roda por atrito (turnos 136, 137 e 152). Ao utilizar o termo *constante* para definir o princípio de funcionamento do moto-perpétuo, consideramos que ele realizou uma conotação de nível 4 (turno 166), contudo não podemos afirmar se ele entende o conteúdo com profundidade, dado que não realiza novas conotações na sequência. Porém, de acordo com a professora da turma E7, é bastante participativo nas aulas.

Na tabela 6, notamos também que o estudante E8 teve apenas quatro falas, das quais três são do nível 2 (turnos 51, 55 e 145). Cabe ressaltar que suas conotações evidenciam que ele não aceita a situação apresentada na gravura (turno 51), no entanto não consegue formular uma explicação científica. Nos turnos 55 e 145, constatamos que ele entende que é impossível a água subir como se apresenta na obra, contudo utiliza de forma equivocada o termo *força* nas suas falas, isso se deve, possivelmente, porque *força* é um termo mais próximo do seu cotidiano do que *energia*.

Assim como E1 e E2, o estudante E9 teve uma participação ativa, foram dezessete falas categorizadas como de nível 1, 2, 3, e 4, a maioria delas recaiu sobre o nível 1. Os estudantes E5 e E9 foram os únicos que tiveram falas mais relevantes do ponto de vista científico. Em razão de suas falas, constatamos que E9 conseguiu definir com clareza a situação de violação presente na obra artística (turnos 160, 168 e 192). Podemos inferir que ele aponta indícios de compreensão do conteúdo em um nível mais profundo de aprendizagem. De acordo

com a professora da turma, esse estudante é muito estudioso e bastante reflexivo durante as aulas de Física.

O estudante E10, como podemos observar na tabela, teve somente três falas de nível 1 e 3. As duas falas de nível 3 (turnos 72 e 74) foram proferidas logo após perguntas da professora e estavam relacionadas com a energia potencial gravitacional. Como na sequência ele apresenta somente mais uma fala de nível 1, concluímos que ele se manteve preso à imagem, não sendo possível inferir se ele entendeu de forma profunda o conteúdo de Conservação da Energia Mecânica.

E11, conforme se apresenta na tabela, teve um total de sete falas distribuídas nos níveis 1, 2 e 4; as falas de nível 2 estavam relacionadas com o movimento da roda d'água; a fala de nível 4 (turno 163) foi categorizada assim porque estava relacionada com o funcionamento do moto-perpétuo, todavia não é suficiente para afirmar que ele entendeu o conteúdo com clareza.

Por último, temos E12, que realizou um total de quatro conotações, todas de nível 2 (turnos 33, 52, 107 e 144) e relacionadas com o moinho presente na imagem; em razão de suas falas, concluímos que ele não apresenta evolução, visto que inicia no turno 33 dizendo que o moinho é responsável por levar a água para cima, mas não evolui, pois as conotações subsequentes mantêm a mesma linha de pensamento. Isso mostra que provavelmente E12 não compreendeu o conteúdo com profundidade ao ponto de reconhecer na imagem a existência de um caso de violação da Conservação da Energia Mecânica.

À vista das considerações acima, podemos inferir que a obra de arte provocou motivação para discussão, propiciou a oportunidades de exposição de ideias e elaboração de significados. Durante a discussão várias ideias foram apresentadas pelos estudantes o que favoreceu a dialogicidade e o aprimoramento da aprendizagem. Embora, algumas ideias não tenham sido exploradas em sua totalidade, consideramos que uma vez identificadas podem ser usadas como gancho para retomadas em aulas posteriores para que a aprendizagem se efetive, pois a aprendizagem é um processo contínuo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Investigaçãoes a respeito do ensino e aprendizagem de Física têm sido foco de inúmeras pesquisas. É consenso entre pesquisadores que a forma como a Física se apresenta nas salas de aula e nos livros didáticos tem provocado desinteresses e dificuldades na compreensão de conteúdos científicos. O uso indiscriminado de cálculos desprovidos de significado conceitual e de resoluções mecânicas de equações tem contribuído com esse quadro de insatisfação.

Com o propósito de provocar mudanças significativas na aprendizagem de conceitos e fenômenos físicos e assim contribuir com as pesquisas atuais, procuramos mostrar neste estudo a viabilidade de um signo artístico funcionar como um modo representacional que tende a potencializar a aprendizagem da Conservação da Energia Mecânica. A presente pesquisa teve como objetivo identificar os níveis de leitura atingidos por estudantes, quando provocados a fazer conotações de uma obra de arte, com base na Conservação da Energia Mecânica.

Após a aplicação de uma aula instrucional com o signo artístico, apoiados nos referenciais de base semiológica, com inspiração na multimodalidade representacional e com sustentação no discurso dialógico e de autoridade, concluímos que a prática de associar obras artísticas a um trabalho envolvendo elementos do conhecimento científico é uma atividade viável para desafiar os estudantes a pensar cientificamente, pois favoreceu a condução pelo professor da interatividade discursiva em sala de aula e o desencadeou o surgimento de pontos de vista variados que fomentaram a discussão, permitindo sucessivas conotações.

Os resultados do trabalho apontam que a introdução do signo artístico em um momento instrucional da aula de Física transformou a sala de aula em um ambiente descontraído, favoreceu o engajamento dos estudantes e a criatividade, foi capaz de viabilizar a compreensão do conteúdo de energia mecânica e sua conservação, frequentemente árduo e incompreensível para muitos estudantes. Isso se deve porque, conforme colocações no capítulo teórico, os signos artísticos são carregados de função estética, característica que contribuiu para abertura e sustentação do diálogo em sala.

O instrumento analítico utilizado na organização e interpretação de dados provenientes das interações discursivas permitiu um diagnóstico da aprendizagem, visto que, após uma análise, como a realizada, foi possível traçar o

perfil do entendimento do estudante ou de grupo de estudantes a respeito dos conceitos físicos estudados. Ele funcionou como indicador da aprendizagem, pois a partir da identificação dos níveis de leitura foi possível saber como se deu a aprendizagem do conteúdo.

Em vista dos dados, podemos inferir que a imagem artística provocou múltiplas conotações que envolvem questões de ordem estética, como as relativas à ilusão de ótica, que ajudaram sustentar a discussão, e as de base científica, de níveis mais profundo do quadro 4 que remetem às formas de energias envolvidas no processo e à percepção da obra de arte como um caso de violação da Conservação da Energia Mecânica.

Entretanto, reconhecemos que as várias conotações surgidas durante a discussão poderiam ter sido aprofundadas e aproveitadas pela professora para introduzir novos termos e novas ideias e assim fazer o discurso científico avançar. Pois, como mencionado no capítulo teórico, intervenções de autoridade são importantes para aprofundamento e fechamento das ideias no Ensino de Ciências. Dessa forma, entendemos que as situações apresentadas evidenciam que é aconselhável que haja variações na abordagem comunicativa, no entanto, para que essa prática se efetive, o professor precisa capturar efetivamente as ideias-chave que surgem durante a discussão, para desenvolver o discurso científico.

A maioria das falas dos estudantes recaiu sobre os níveis 1 e 2, dados aparentemente naturais, já que leituras mais profundas de níveis 3 e 4 remetem a conhecimento efetivo do conteúdo de Conservação da Energia Mecânica, isto é, a interpretações e associações relativas a experiências vivenciadas anteriormente. Todos os estudantes participaram da discussão, alguns mais efetivamente, outros menos, mas todos se envolveram. Observamos ainda que os comentários dos colegas ajudaram outros estudantes na elaboração científica do conteúdo e explicação da gravura.

Ademais, constatamos também, que os estudantes estavam envolvidos na busca de respostas. O uso da imagem artística provocou pausas reflexivas, uma vez que eles tentavam associar qual conteúdo físico estaria relacionado com a situação retratada na gravura, um passo fundamental para a construção do conhecimento científico.

Ainda que somente dois estudantes tenham atingido efetivamente o nível mais profundo de leitura (quadro 4), concluímos que, de fato, o uso de obras

artísticas tem potencial para produzir reflexões durante a aula e estimular a elaboração de conceitos já aprendidos e/ou construção de novos. Desse modo, não podemos deixar de mencionar que mesmo aqueles que não chegaram ao nível 4 tiveram alguma evolução conceitual, uns mais do que outros, isso fica evidente quando se avalia o desempenho dos estudantes (tabela 6). A partir das falas dos estudantes provenientes da leitura da imagem foi possível perceber quais entenderam o conteúdo e quais apresentaram lacunas e ou conceitos errôneos. O instrumento analítico que utilizamos apresentou-se como ferramenta relevante para diagnosticar aprendizagem de conteúdos relativos à energia mecânica e sua conservação. Contudo, cabe ressaltar aqui que a aprendizagem da Conservação da Energia Mecânica não se limita a essa aula, já que o conceito de energia não é algo concreto e óbvio, mas sim extremamente abstrato e complexo. Contudo, entendemos que essa aula possibilitou uma visão ampla de quais pontos precisam ser retomados para futuro aprofundamento, pois a aprendizagem é um processo contínuo; dessa forma, não pode ser avaliada somente em um curto espaço de tempo.

Em suma, os resultados da pesquisa apontam que o uso do signo artístico como recurso didático favoreceu a manutenção e condução pelo professor da interatividade discursiva em sala. Uma informação, adicional, porém deveras importante porque justifica o emprego da proposta, foi o comentário da professora que integrou a pesquisa, ao relatar ter se identificado com a estratégia proposta, por isso em outra ocasião utilizou-se desse mesmo signo artístico em duas outras turmas, ao afirmar ainda que pretende utilizá-lo em suas aulas. De acordo com a professora, a aula instrucional com o signo contribuiu para engajamento dos estudantes, propiciou debate de ideias; ela conta que o desenrolar da discussão foi diferente para cada turma e que, em uma delas, os estudantes não conseguiram associar a imagem com o moto-perpétuo, mas foi válido, pois eles se envolveram muito com aula e comentaram que gostariam de mais aulas assim. A professora relata ainda que a discussão na aula com o signo artístico possibilitou identificar quais as dificuldades e/ou visões distorcidas de conteúdos físicos pelos estudantes.

Dentro desse contexto e pensando em dar continuidade a esse estudo, outras obras de arte com potencial conotativo poderiam ser utilizadas para os propósitos aqui colocados e, desse jeito, contribuir para diminuir as distâncias entre os conceitos científicos e os significados estabelecidos pelos estudantes, a

partir dos conceitos já estudados. Em investigações futuras, poder-se-ia melhorar a preparação da prática instrucional baseada na interação dialógica/autoridade com o objetivo de intensificar as interações discursivas e qualidade das falas. E, aprimorar o instrumento analítico aqui proposto para análises dos padrões de leitura dos estudantes, em novas turmas, pois tal instrumento oferece ao professor subsídios para repensar o ensino e possibilidades de reorganização das atividades a partir dos resultados apresentados.

Enfim, esperamos que a pesquisa contribua com novos trabalhos em sala, com a elaboração de novas investigações no Ensino de Ciências, que outras aproximações entre a Física e a Arte possam ser suscitadas a partir desse estudo, com a finalidade de promover mudanças significativas na aprendizagem de conteúdos científicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR JR, O. G.; MORTIMER, E. F. **Tomada de consciência de conflitos: análise da atividade discursiva em uma aula de ciências.** Investigações em Ensino de Ciências, V. 10 (2), pp. 179-207, 2005.

AINSWORTH, S. The functions of multiple representations. **Computers & Education**, v. 33, p. 131-152, 1999.

ALMEIDA, P. A. **Classroom questioning: teachers' perceptions and practices.** Procedia – Social and Behavioral Sciences, v. 2, p. 305-309, 2010.

BARBOSA, J. P. V.; BORGES, A. T. **O entendimento dos estudantes sobre energia no início do ensino médio.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, V. 23, n. 2: p. 182-217, ago. 2006.

BEN-DOV, Y. **Convite à física.** Trad. Maria Luiza X. de A. Borges. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1996.

BARTHES, R. **Elementos de Semiologia.** Trad. Izidoro Blikstein. 19ª ed. São Paulo: Cultrix, 2012.

BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Investigação Qualitativa em Educação:** uma introdução à teoria e aos métodos. Lisboa: Porto, 1994.

CANDELA, A. A construção discursiva de contextos argumentativos no ensino de ciências. In: COLL, C.; DEREK, E. **Ensino, aprendizagem e discurso em sala de aula: aproximações ao estudo do discurso educacional.** Porto Alegre: Artmed, 1998.

CAPECCHI, M. C. V. M; CARVALHO, A. M. P.; SILVA, D. **Relações entre o discurso do professor e a argumentação dos alunos em uma aula de física.** Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências, vol. 2, núm. 2, dezembro, pp. 1-15, 2000.

CAPECCHI, M. C. M. Argumentação numa Aula de Física. In: CARVALHO, A. M. P (org). **Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática.** 1ª reimpr. da 1ª ed. De 2004, São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2006.

CENTRO CULTURAL BANCO DO BRASIL. **O Mundo Mágico de Escher.** Brasília, 2010. Disponível em: <<http://www.bb.com.br/docs/pub/inst/img/EscherCatalogo.pdf>>. Acesso em: 05 out. 2015.

COLL, C.; ONRUBIA, J. A construção de significados compartilhados em sala de aula: atividade conjunta e dispositivos semióticos no controle e no acompanhamento mútuo entre professor e alunos. In: COLL, C.; DEREK, E. **Ensino, aprendizagem e discurso em sala de aula: aproximações ao estudo do discurso educacional**. Porto Alegre: ArtMed, 1998.

COELHO, NETTO, J. T. **Semiótica, informação e comunicação**. 1ª reimpr. de 2007. São Paulo: Perspectiva, 2010.

DRIVER, R. [et al.]. **Making sense of secondary science**. Research into children's ideas. New York: Routledge, 1994.

DUVAL, R. **Semiosis y pensamiento humano: registros semióticos y aprendizajes intelectuales**. Santiago de Cali, Colombia: Universidad del Vale, Instituto de Educación y Pedagogía, 2004.

ECO, U. **Tratado Geral de Semiótica**. 1ª reimpr. Da 4ª ed. São Paulo: Editora Perspectiva S. A, 2003.

EPSTEIN, I. O signo. 3ª imp. da 7ª ed. São Paulo: Ática, (Série Princípios), 2002.

ESTEVÃO, E. B. L. F. **Sustentação Discursiva Dialógico-de Autoridade por meio de Conotação Sígnica para a elaboração do significado de Conservação Ambiental**. 2013. 123 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática), Universidade de Estadual de Londrina, Londrina, 2013.

FEYNMAN, R. P. **Física em seis lições**. Trad. Ivo Korytowski. 8ª ed. Rio de Janeiro: Ediouro, 2004.

FIDALGO, A. **Semiótica: A Lógica da Comunicação**. Universidade da Beira Interior Série. Estudos em Comunicação. Covilhã, 135p,1998.

FIDALGO, A; GRADIM, A. **Manual de Semiótica**. Universidade da Beira Interior PORTUGAL, p. 224, 2004-2005.

FIORENTINI, D.; LORENZATO, S. **Investigações em Educação Matemática: percursos teóricos e metodológicos**. Campinas: Autores Associados, 2006.

FREITAS, E. T. F.; AGUIAR JR, O. G. **A ação docente como sustentação da produção discursiva dos estudantes na sala de aula de física de educação de jovens e adultos.** Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, V. 12, nº 1, 2012.

GOMES, T. C.; GIORGI, C. A. G.; RABONI, P. C. A. **Física e pintura: dimensões de uma relação e suas potencialidades no ensino de física.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 33, n. 4, 4402, 2011.

GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA (GREF). Física 1: Mecânica/ GREF. 7ª ed. São Paulo: Edusp, 2001.

HEWITT, P. G. **Física Conceitual.** Trad. Trieste Freire Ricci: revisão técnica: Maria Helena Gravina. 12ª ed. Porto Alegre. Bookman, 2015.

JOLY, M. **Introdução à Análise da Imagem.** Lisboa: Ed. 70, 2007.

KNIGHT, R. D. Energia. In: _____. **Física 1: uma abordagem estratégica.** 2ª ed. Porto Alegre: Bookman, V. 1, 2009.

LABURÚ, C. E.; BARROS, M. A.; SILVA, O. H. M. **Multimodos e Múltiplas Representações, Aprendizagem Significativa e Subjetividade: Três Referenciais Conciliáveis da Educação Científica.** Ciência & Educação, V. 17, n. 2, p. 469-487, 2011.

_____; CARVALHO, M. Estratégia Pluralista. In: _____ **Educação Científica: controvérsias construtivistas e pluralismo metodológico.** Londrina: Eduel, p. 73-91, 2005.

_____; NARDI, R.; ZÔMPERO, A. F. **Função estética dos signos artísticos para promover processos discursivos em sala de aula: uma aplicação durante o ensino do conceito de energia mecânica.** Investigações em Ensino de Ciências, V. 19 (2), pp. 451-463, 2014.

_____; 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 (1), pp. 7-33, 2011.

_____. **O laboratório didático a partir da perspectiva da multimodalidade representacional.** Ciência & Educação, V. 17, n. 3, p. 721-734, 2011.

_____; ZÔMPERO, A. F.; BARROS, M. A. **Vygotsky e múltiplas representações leituras convergentes para o ensino de ciências.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, V. 30, n. 1, p. 7 -24, abr. 2013.

LEMKE, J. L. **Talking Science. Language, Learning and Values.** Norwood, New Jersey: Ablex Publishing Corporation, 1990.

LEMKE, J. L. (2003). **Teaching all the languages of science: Words, symbols, images, and actions.** Disponível em: <<http://www-personal.umich.edu/~jaylemlke/papers/barcelon.htm>>. Acesso em: set. 2015.

LONGHINI, M. D. **O Conhecimento do Conteúdo Científico e a Formação do Professor das séries Iniciais do Ensino Fundamental.** Investigações em Ensino de Ciências, V. 13(2), pp.241-253, 2008.

MACEDO, M. S. A. N.; MORTIMER, E. F. **A dinâmica discursiva na sala de aula e a apropriação da escrita.** Educação & Sociedade, ano XXI, no 72, ago. 2000.

MONTEIRO, M. A. A.[et al.]. **A influência do discurso do professor na motivação e na interação social em sala de aula.** Ciência e Educação, V. 18, n. 4, p. 997-1010, 2012.

MOREIRA, M. A. A teoria da mediação de Vygotsky. In: _____ **Teorias de aprendizagem.** São Paulo: EPU, p. 109-122, 1999.

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 – V7(3), pp. 283-306, 2002.

_____ et al. **Interações entre modos semióticos e a construção de significados em aulas de ensino superior.** Revista Ensaio. Belo Horizonte, V. 16, n. 03, p. 121-145, set-dez, 2014.

MERCER, N. As perspectivas socioculturais e o estudo do discurso em sala de aula. In: COLL, C.; DEREK, E. **Ensino, aprendizagem e discurso em sala de aula: aproximações ao estudo do discurso educacional.** Porto Alegre: ArtMed, 1998.

OREAR, J. **Fundamentos da Física.** Trad. Jaime Oltramari. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1981.

PAIVA JÚNIOR, F. G.; LEÃO, A. L. M. S.; MELLO, S. C. B. **Validade e Confiabilidade na Pesquisa Qualitativa em Administração.** *Revista de Ciências da Administração*, v. 13, n. 31, 190-209, 2011.

PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação. **Diretrizes Curriculares da Educação Básica de Física.** Curitiba: SEED, 2008.

PERUZZOLO, A. C. **Elementos de semiótica da comunicação: quando aprender é fazer.** Bauru, SP: EDUSC, 222p, 2004.

PIETROCOLA, M. et al. **Física: conceitos e contextos.** 1ª ed. V.2. São Paulo. FTD. 2010.

PICCININI, C.; MARTINS, I. **Comunicação multimodal na sala de aula de ciências: construindo sentidos com palavras e gestos.** Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências, vol. 6, núm. 1, março, pp. 1-14, 2004.

PRAIN, V.; WALDRIP, B. **An Exploratory Study of Teachers' and Students' use of Multi-modal Representations of Concepts in Primary Science.** *International Journal of Science Education*, London, V. 28, n. 15, p.1843-1866, Dec. 2006.

SANTAELLA, L. **O que é Semiótica.** 32 reimpr. da 1ª ed. de 1983. São Paulo: Brasiliense, (Coleção Primeiros Passos, n. 103), 2012.

_____. **Semiótica Aplicada.** 5 reimpr. da 1ª ed. de 2002. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

SANTOS, E. I. **Ciências nos anos finais do ensino fundamental: produção de atividades em uma perspectiva sócio-histórica.** São Paulo: Anzol, 2012.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F; SCOTT, P. H. **A argumentação em discussões científicas: reflexões a partir de um estudo de caso.** *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, V. 1, n. 1, 2001.

SOUZA, L. S. **Introdução às teorias semióticas.** Petrópolis, RJ: Vozes, Salvador, BA, 2006.

TORRES, C. M. A. [et al.]. **Física: ciência e tecnologia.** 3ª. ed. São Paulo: Moderna, V. 1, 2013.

WALDRIP, B.; PRAIN, V.; CAROLAN, J. **Using multi-modal representations to improve learning in junior secondary Science**. Research in Science Education, Dordrecht, V. 40, n. 1, p. 5-80, 2010.

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. **As relações entre aprendizagem significativa e representações multimodais**. Revista Ensaio, Vol. 12, Nº 03, 31-39, 2010.

_____. **Significados de fotossíntese produzidos por alunos do ensino fundamental a partir de conexões estabelecidas entre atividade investigativa e multimodos de representação**. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, Vol. 13, Nº 3, 242-266, 2014.

APÊNDICES

APÊNDICE A - TRANSCRIÇÃO DA GRAVAÇÃO EM VÍDEO

Turma: 3º Ano do Ensino Médio
 Total de Estudantes: 12 (doze)
 Tempo Total de Gravação: 21 min 45 s

TURNOS DAS FALAS

1. P – Bom, temos uma imagem. Gostaria que vocês falassem sobre ela...
2. Estudantes – vários comentários [aquele negócio “imagem” que a água sobe...]. (*turno não utilizado na análise*)
3. E1 – Ah! Eu lembro dessa imagem. (*turno não utilizado na análise*)
4. E2 – ... ah! É verdade é aquele negócio [imagem] que a água sobe.
5. E1 – Acho que é na Grécia e tem um cara encostado.
6. E2 – Tem uma escada.
7. E4 – Tem uma mulher estendo roupa ali.
8. E7 – Parece um negócio do fundo mar.
9. E9 – Tem um moinho de água.
10. E4 – Tem dois objetos geométricos na torre.
11. P – O que vocês me dizem disso?
12. Estudantes – [silêncio].
13. P – Fala alto, primeiro fale o que vocês estão vendo?
14. E2 – A água subindo...
15. P – Tá subindo aonde?
16. E1 – Na verdade, não sei se tá subindo [água]...
17. E3 – ah! é verdade não dá pra saber se a água tá subindo.
18. P – Não dá pra saber se ela [água] tá descendo ou tá subindo?
19. E2 – É que parece que o negocinho [caminho que água percorre], tá plano ali, mas, não tá plano porque a água tá caindo...
20. P – Parece o quê? O que tá plano?
21. E2 – ... aonde a água tá correndo ali, mas não tá plano, porque tá caindo [água].
22. E4 – ... não é que se você olhar de lá pra cá parece que ela tá caindo, mas como ela tá caindo, dá impressão que tá subindo.
23. P – É vamos melhorar essa fala?

24. E5 – ... então, ela [água] cai na roda d'água, sobe por aquele caminho e desce de novo...
25. P – Tá ela [água] tá caindo pela roda d'água sobe pelo caminho e desce de novo.
26. Estudantes – [é...]
27. P – É isso que vocês estão vendo?
28. E5 – ... é como se fosse um sistema, assim [água] vai descendo e subindo, descendo e subindo...
29. P – Tá como se fosse um sistema descendo e subindo... tá o que mais?
30. E1 – ... mas a água não sobe.
31. P – Água sobe ou a água não sobe?
32. E6 – Tem uma força física ali.
33. E12 – sobe... por causa do moinho.
34. E2 – ... a água só cai.
35. E3 – Depende do ponto de vista.
36. E2 – Depende do referencial. (*turno não utilizado na análise*)
37. E7 – E se tiver de ponta cabeça?
38. P – Tá, então... nós temos a água, subindo ou não? A água sobe ou não sobe? Quero que vocês me expliquem melhor sobre isso.
39. E2 – A água tá congelada, vocês estão todos iludidos...
40. P – A água tá congelada? Água congelada desce?
41. Estudantes – [alguns comentários].
42. P – Vamos lá fisicamente, vamos ver o que vocês conseguem...
43. E1 – Eu lembro que a gente estudou isso aí... (*turno não utilizado na análise*)
44. P – O que fisicamente, os conteúdos, conceitos que vocês já estudaram?
45. Estudantes – [silêncio].
46. P – Eu preciso que vocês elaborem uma explicação pra isso, com o que vocês conhecem.
47. E1 – Ilusão de ótica.
48. E2 – ... serve também, boa. (*turno não utilizado na análise*)
49. P – Por que vocês diriam isso?
50. E1 – É difícil pensar que ela [água] sobe.
51. E8 – Impossível subir.
52. E12 – mas, o moinho tá ali por algum motivo...

53. P – O que tem o moinho?
54. E3 – a impressão que dá é que ele [moinho] tá rodando e empurrando a água para cima.
55. E8 – O moinho não teria força suficiente para levar a água a uma altura tão grande assim... pra chegar até a cachoeira pra descer.
56. E9 – ... é parece que é a mesma coisa, parece que ela [água] tá reta.
57. P – Vamos expressar isso fisicamente...
58. E9 – Tipo, todo caminho que faz [água] nessa curva parece que tá reto...
59. E1 – ... sem altura, tudo no mesmo nível.
60. P – Parece que tá tudo no mesmo nível e qual o problema de estar tudo no mesmo nível? E o que tem isso haver com o moinho?
61. E9 – Porque ela [água] não pode cair se tá no mesmo nível e voltar para mesmo lugar subindo...
62. P – Se tá no mesmo nível, não tem como cair e nem como voltar? Que princípio da física que pode ajudar vocês a explicarem melhor isso?
63. E2 – Estática, dinâmica... (*turno não utilizado na análise*)
64. E1 – Alguma coisa com peso. (*turno não utilizado na análise*)
65. P – Dinâmica, estática, alguma coisa com peso... E o que mais?
66. E9 – Potencial gravitacional.
67. P – Potencial gravitacional será que ajuda a explicar isso?
68. E9 – ... porque se não tem altura, não tem potencial para cair [água].
69. P – Se não tem altura, não tem potencial pra cair?
70. E9 – É... potencial não é altura vezes [fórmula]...
71. P – Vocês lembram da fórmula pra ajudar E9?
72. E10 – Altura vezes a gravidade e vezes a massa [$E_p = m \cdot g \cdot h$].
73. P – Isso é energia?
74. E10 – Potencial gravitacional.
75. E3 – tem energia do movimento...
76. P – Vocês me falaram que, se não tiver diferença de nível, altura, não tem potencial gravitacional. Então, não pode cair, isso? Tá, mas ela [água] nesse caso?
77. E2 – Sobe [água].
78. E9 – Cai [constrangida].
79. P – Será que ela [água] sobe?

80. E1 – ...ela [água] tinha que subir pra cair, mas... [não completou a frase].
81. E1 – ... mas, é impossível ela [água] subir...
82. P – É impossível! Legal, gostei da frase... é impossível ela subir.
83. E9 – ... mas ela sobe... [a água na imagem sobe].
84. E11 – ... é impossível, mas acontece [risos]. (*turno não utilizado na análise*)
85. E1 – É ilusão de ótica isso aí.
86. P – Tá, por que seria impossível? Dá onde vocês tiraram isso, fisicamente falando?
87. E11 – Porque não tem lógica certa.
88. E10 – Porque como a água está no mesmo nível, não tem como ela fazer o percurso e acabar descendo.
89. P – Ok... tem um nome isso?
90. E2 – Deus. (*turno não utilizado na análise*)
91. P – Tá... de física o que vocês lembram?
92. Estudantes – [silêncio].
93. P – Vamos retomar, vocês me falaram que, se tá no mesmo nível, a energia potencial gravitacional não tem, disseram que é impossível, que a água não consegue fazer o percurso, porque não tem diferença de nível. Tá, em física, tem alguma coisa que explica isso?
94. Estudantes – [silêncio].
95. P – Quando tem diferença de nível, aqui vocês falaram que não tem? Que daí isso tá sendo impossível por um motivo, o que na física a gente fala que torna impossível isso?
96. Estudantes – [silêncio].
97. P – Tem algum princípio físico?
98. E5 – Porque pra se mexer ela [água] tem que ter energia; como ela não tem, tá estático, não tem como ela [água] ter, no caso, potencial gravitacional pra ela cair.
99. P – Ninguém lembra do nome de um princípio físico, que estaria indo contra essa imagem aí?
100. Estudantes – [silêncio].
101. P – Tá então, vamos repensar. Vocês me falaram que água não sobe, o que mais? Me ajudem a lembrar o que vocês já me falaram?
102. E9 – ...que a água não pode cair porque está no mesmo nível.

103. P – Tem algum jeito da água subir? Outras formas?
104. E7 – Impulso...
105. P – Com impulso a água sobe?
106. E1 – ...ah, se tem impulso eu não sei, não dá nem pra imaginar.
107. E12 – ela [água] bate... sobe com o impulso que faz o moinho...
108. E2 – Sem gravidade ela [água] sobe...
109. E4 – ...não! Mas a água sobe, gente?
110. P – Quando que a água sobe?
111. E4 – Tipo, agora não sei, acabou de passar isso na minha cabeça.
(*turno não utilizado na análise*)
112. E1 – Isso aí é uma imagem, a gente nem pode falar se isso acontece ou não.
113. P – Vai... fala como é que a água conseguiria subir?
114. E2 – Evaporando.
115. P – Por que que evaporando a água podia subir?
116. E2 – ...porque fica leve... [a água].
117. E1 – Por causa da densidade.
118. P – O que tem a densidade que faz a água subir?
119. E9 – As moléculas delas [água] ficam mais separadas elas ficam leves, faz ela subir.
120. P – Então, essa é uma hipótese de água subir?
121. E1 – ... mas, não nesse caso [na imagem a água não sobe por evaporação].
122. P – Que mais? Fala, E4! Você falou que tem uma ideia de como a água sobe.
123. E4 – ... não lembro. (*turno não utilizado na análise*)
124. P – Oh! O que vocês falaram da evaporação é fato, ela evapora... na diferença de densidade, ela sobe.
125. E4 – ...mas dessa maneira aí? [imagem].
126. E2 – ...mas, se ela [imagem] estivesse num lugar mais denso.
127. E9 – A gente tá supondo que o centro de gravidade tá embaixo, que daí vai puxar água, que daí a água cairia.

128. P – Sim... a gente partindo da hipótese que a gravidade atrai, mas, se estiver no mesmo nível, a água não cai, é isso que vocês me falaram agora? Lembra lá do primeiro ano, o que mais a gente estudou desse conteúdo?
129. E2 – Massa.
130. Estudantes – [silêncio].
131. P – Lá, quando vocês estudaram as energias?
132. E7 – Lei de Pascal.
133. P – O que falava a lei de Pascal?
134. E7 – ... que os líquidos transmitem, sei lá é como se tivesse fazendo uma força pra água subir.
135. P – O que tá fazendo força pra água subir?
136. E7 – Dentro da casinha tá fazendo uma força, ali tá fazendo uma força.
137. E2 – A roda d'água [a roda leva a água para cima].
138. E11 – É, a roda d'água.
139. E7 – A roda d'água é como se tivesse fazendo pressão no lugar, ela tivesse empurrando a água pra subir.
140. E11 – ela [roda d'água] coloca a água pra fazer o sentido de novo.
141. P – A roda d'água faz isso?
142. E11 – ... porque passa por ela [a água passa pela roda].
143. E1 – Não, a roda d'água não faz nada ali...
144. E12 – ... gente, a roda d'água roda e empurra a água.
145. E8 – O moinho não tem força suficiente pra fazer a água subir a uma altura tão grande assim...
146. P – A água que faz a roda d'água girar?
147. E4 – ... é a água que faz a roda d'água girar.
148. P – A água cai e faz a roda girar?
149. E11 – Porque, já que não tem uma altura, é ela [roda] que empurra pra fazer o deslocamento.
150. E5 – ... não é ela [roda] que tá mexendo a água, é água tá mexendo ela [roda].
151. P – Tá, a água tá mexendo a roda d'água, alguns chegaram a essa conclusão? Mas E8 acha que o moinho não tem força suficiente para levar a água pra cima. E daí?

152. E7 – ... a água cai e ela vai batendo na roda, vai rodando, batendo na água e empurrando.
153. E9 – O único problema é o seguinte: quando ela parece que tem uma altura ... se ela tá no mesmo nível, não tem uma altura...
154. (P) – Tá quem lembra o nome? Existe uma relação que vocês já estudaram que explica isso. Exatamente o que você falou tá de acordo, tá legal, vamos tentar aprofundar um pouco mais a sua explicação. Estou gostando de escutar; tá no mesmo nível, não tem como cair, isso é impossível apesar da imagem tá mostrando ela caindo, mas, se estiver no mesmo nível, não tem como ela cair. A roda não tem como levar água pra cima. Agora, como é o nome do princípio que a gente estudou, que tinha a ver com essa questão da energia potencial gravitacional?
155. Estudantes – [silêncio].
156. P – Ah, então tá bom, vamos reelaborar a ideia, vimos na imagem que a água cai e depois volta, daí o que seria isso? Se isso acontecesse?
157. E5 – Moto-perpétuo.
158. P – Moto-perpétuo? O que é moto-perpétuo?
159. Estudantes: alguns comentários
160. E9 – Cai e volta pra cima de novo [água].
161. P – Vai, E5, elabora moto-perpétuo? O que é moto-perpétuo?
162. E2 – ... é um negócio que não para...
163. E11 – Faz o mesmo sentido, mesmo caminho, trajetória [água].
164. E2 – ... nunca para [moto-perpétuo].
165. P – Qual é princípio do moto-perpétuo?
166. E7 – ... constante [moto-perpétuo].
167. P – Ele [moto-perpétuo] tem um movimento constante? Qual é o princípio de um moto-perpétuo?
168. E9 – Ele [moto-perpétuo] parte e volta pro mesmo lugar.
169. E3 – ... conservação da energia.
170. P – Aqui [imagem] existe a conservação da energia?
171. E1 – Eu tô tentando encaixar isso do princípio da conservação da energia faz muito tempo e não consigo.
172. P – Qual é o princípio da conservação da energia?
173. Estudantes – [fazem expressão de que não sabem].

174. E2 – Fórmula? (*turno não utilizado na análise*)
175. P – Não o conceito.
176. E5 – ... da energia? (*turno não utilizado na análise*)
177. P – Na conservação da energia, na relação do moto-perpétuo, isso que vocês falaram?
178. E1 – Não sei, talvez uma energia que eu não sei qual é, por enquanto, tenha na água. Ela transforma em energia potencial pra descer e cair, daí transforma em outra energia para ela poder subir de novo, daí é conservação da energia, sempre tem energia ali, só que ela vai transformando.
179. E5 – É parecido com aquele esquema de moto-perpétuo, só que do imã: ele cai pela gravidade e sobe pela força, mas só que não funciona, é impossível, porque a energia que tem nele, ele não consegue criar energia, é a energia que ele tem.
180. E1 – ... então, mas vai transformando [moto-perpétuo].
181. P – Então... só pra eu entender o que vocês estão falando pra ver se eu consigo fechar a ideia dos dois; você, E5, falou que é impossível por quê?
182. E5 – Porque não tem como ele [moto-perpétuo] fazer energia, se ele tem uma energia, uma hora vai acabar e não vai continuar...
183. P – Tá... se ele tem energia, uma hora vai acabar e não vai continuar? Você, E1, falou que no princípio da conservação da energia?
184. E1 – ... ela vai transformando uma energia na outra incluindo a potencial.
185. P – Então, pra ter a potencial tem que ter tido alguma outra? Então, essa imagem, digamos assim, pelo que vocês não estão sabendo qual é, ela vai contra essa ideia?
186. Estudantes – [expressão de dúvidas].
187. P – Porque, segundo a E1, ele não sabe qual a energia que funciona aí? É isso?
188. Estudantes – [silêncio].
189. E1 – ...não sei, agora é que eu tô começando a encaixar, pensar na possibilidade de existir essa imagem, mas sei lá...
190. E5 – ...não pode, não tem como existir moto-perpétuo.
191. P – Porque não tem como existir moto-perpétuo?

192. E9 – ...porque a energia não se conserva, dissipa [no moto-perpétuo], então uma hora vai acabar e parar de funcionar. É o que acontece aí [imagem].
193. P – Aqui seria uma situação de dissipação de energia?
194. Estudantes – [não, não sei...].
195. E1 – ...não, de transformação.
196. P – O que seria, então? Tá faltando uma energia pra transformar aqui, pelo que vocês me falaram. Então, fechando a ideia de que vocês me falaram que é impossível, que tá no mesmo nível, que se tá no mesmo nível não tem como cair, que o moto-perpétuo, que poderia ser, é algo que não tem jeito porque não cria energia, só transforma. E1 falou, a não ser que tivesse uma outra energia que a gente não tá identificando, não teria como a água subir, porque ela tem que ter uma outra energia para água conseguir subir, certo? De que forma a água conseguiria subir? Aí vocês me falaram que talvez pela evaporação, diferença de densidade, que aqui vocês não identificaram isso, certo? Fechado? Mais alguma colocação? Mais alguma coisa que vocês podem falar a respeito da imagem, da ideia? da cena? Ah, vocês falaram também, no começo, que isso é uma ilusão de ótica, por que uma ilusão? O que vem a ser o conceito de ilusão de ótica?
197. E11 – Parece que a imagem tá no fundo do mar.
198. P – Parece que a imagem está no fundo do mar?
199. E4 – Porque dá impressão que isso tá acontecendo [na imagem], mas...
200. E1 – Você olha sem pensar, você pensa que existe mesmo, depois você vê que não existe.
201. E9 – A gente fala que tá no mesmo nível por causa da ilusão de ótica, mas ele pode ter altura e ter energia, tem hora que parece que tá numa altura diferente, tem hora que parece que não.
202. P – Então, uma ilusão de ótica, porque ela dá impressão de uma coisa que você não tem certeza que seria isso.
203. E1 – Você mostrou essa imagem quando a gente estava estudando ilusão de óptica? (*turno não utilizado na análise*)
204. P – Sim, já mostrei?
205. E9 – ...tem mais, não tem? (*turno não utilizado na análise*)

206. P – Não, a gente vai fazer só essa mesmo, a gente já tá terminando a ideia?
207. E1 – ...eu não sabia se era essa matéria ou não. (*turno não utilizado na análise*)
208. P – Mas a ideia é vocês me falarem tudo que pensarem a respeito disso, sem se comprometer com ilusão, mecânica, dinâmica ou ciclo da água, falarem à vontade o que vocês tiverem pra falar, o que quiserem. Vocês têm mais alguma colocação?
209. Estudantes: não...
210. P – Então, ok, fechamos a ideia de que moto-perpétuo é impossível porque ele precisa ter energia pra transformar, as meninas concluíram que tá no mesmo nível. Então, não tem de onde... a não ser que tenha é a hipótese de uma outra energia que a gente não tá sabendo.
211. P – Fala, E2! Você quer falar alguma coisa?
212. E2 – Não, é que aonde a água passa... se fosse plano a borda ia tá retinho, então os tijolos... [faz gestos com as mãos].
213. E1 – Não, mas é a estética.
214. P – A borda não tá retinha, essa aqui?
215. E2 – ... é tem uma diferença de nível.
216. E1 – ... é estética só.
217. E8 – Sim, por causa da ilusão.
218. E3 – Também você fica louco... (*turno não utilizado na análise*)
219. P – Não, na verdade, o que eu tenho a contribuir é que vocês foram ótimos. Vocês conseguiram visualizar, bastante da imagem é uma ilusão de ótica. De fato, Escher trabalha com essa ideia de ilusão, a ideia de percepção no mesmo plano que não poderia cair, vocês conseguiram chegar à ideia do moto-perpétuo que precisaria ter energia para a água subir, que de fato não tem; a roda d'água aparentemente gira porque a água cai, vocês conseguiram visualizar isso, até tiveram um pouco de dúvida, mas parece que chegaram a uma ideia. Então, vocês concluíram que, no princípio da conservação, precisa ter energia para transformar; neste caso, a gente não consegue visualizar essa energia. A imagem provoca esse estranhamento que, a princípio, você olha, parece que está caindo, mas depois você olha melhor e percebe que ela teria que estar subindo para cair. Então, numa

olhada mais profunda, vocês foram bem, isso quer dizer que vocês aprenderam bem os conceitos físicos estudados no primeiro ano, vocês estão de parabéns. Por ora é isso.