

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS  
CAMPUS DE BAURU  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA A  
CIÊNCIA

Thiago Bufeli Bianchini

**O ENSINO POR INVESTIGAÇÃO ABRINDO ESPAÇOS PARA A  
ARGUMENTAÇÃO DE ALUNOS E PROFESSORES DO ENSINO MÉDIO**

**Bauru  
(2011)**

Thiago Bufeli Bianchini

**O ENSINO POR INVESTIGAÇÃO ABRINDO ESPAÇOS PARA A  
ARGUMENTAÇÃO DE ALUNOS E PROFESSORES DO ENSINO MÉDIO**

Texto submetido ao Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência/ Área de Concentração em Ensino de Ciências- nível Mestrado, da Faculdade de Ciências da UNESP/Campus de Bauru, como requisito para realização da Defesa de Dissertação, sob orientação da Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Silvia Regina Quijadas Aro Zuliani.

Bauru  
(2011)

Bianchini, Thiago Bufeli.

O Ensino por Investigação abrindo espaços para a argumentação de alunos e professores do Ensino Médio / Thiago Bufeli Bianchini, 2011  
144 f.

Orientador: Silvia Regina Quijadas Aro Zuliani

Dissertação (Mestrado)–Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências, Bauru, 2011

1. Argumentação. 2. Ensino por Investigação. 3. Forças Intermoleculares. 4. Ensino de Ciências. I. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências. II. Título.

Thiago Bufeli Bianchini

**O ENSINO POR INVESTIGAÇÃO ABRINDO ESPAÇOS PARA A  
ARGUMENTAÇÃO DE ALUNOS E PROFESSORES DO ENSINO MÉDIO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência, Área de Concentração em Ensino de Ciências, da Faculdade de Ciências da UNESP/Campus de Bauru, como requisito à obtenção do título de mestre em Educação para a Ciência.

Bauru, 28 de setembro de 2011.

Banca Examinadora:

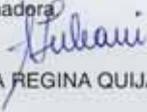
Presidente: Profa. Dra. Silvia Regina Quijadas Aro Zuliani  
Instituição: UNESP- Universidade Estadual Paulista- Bauru

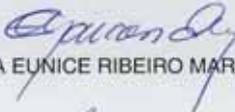
Titular: Profa. Dra. Maria Eunice Ribeiro Marcondes  
Instituição: USP – Universidade de São Paulo – São Paulo

Titular: Profa. Dra. Odete Pacubi Baierl Teixeira  
Instituição: UNESP- Universidade Estadual Paulista- Guaratinguetá

**ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE Mestrado DE THIAGO BUFELI BIANCHINI, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA A CIÊNCIA, DO(A) FACULDADE DE CIÊNCIAS DE BAURU.**

Aos 28 dias do mês de setembro do ano de 2011, às 09:00 horas, no(a) Anfiteatro da Pós-Graduação, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Profa. Dra. SILVIA REGINA QUIJADAS ARO ZULIANI do(a) Departamento de Educação / Faculdade de Ciências de Bauru, Profa. Dra. MARIA EUNICE RIBEIRO MARCONDES do(a) Instituto de Química / Universidade de São Paulo, Profa. Dra. ODETE PACUBI BAIERL TEIXEIRA do(a) Departamento de Física e Química / Faculdade de Engenharia de Guaratingueta, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE Mestrado de THIAGO BUFELI BIANCHINI, intitulado "O Ensino por investigação abrindo espaço para a argumentação de professores e alunos do ensino Médio". Após a exposição, o discente foi arguido oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: APROVADO. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que, após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

  
Profa. Dra. SILVIA REGINA QUIJADAS ARO ZULIANI

  
Profa. Dra. MARIA EUNICE RIBEIRO MARCONDES

  
Profa. Dra. ODETE PACUBI BAIERL TEIXEIRA

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por me permitir sonhar e realizar.

Aos meus pais, pelo amor e carinho.

A Aline Fuzisaki, pelo carinho, pela compreensão e por ter caminhado ao meu lado.

A Silvia Zuliani, especialmente pela confiança que depositou em mim ao me aceitar como orientanda, pela paciência em meus momentos de dificuldade (que não foram poucos) e por ter compartilhado comigo seus conhecimentos e dedicado seu tempo a este trabalho.

Aos colegas mestrandos, por termos nos encontrado, pelos momentos de aprendizado, partilha e descontração, e com o desejo que cada um brilhe aonde quer que esteja.

Aos professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Educação Para a Ciência da FC/Unesp.

A todos aqueles que suportaram minhas ausências, meus dias de tensão e de mau humor, e àqueles que me apoiaram até aqui, torceram, acreditaram e ainda esperam que eu faça mais.

BIANCHINI, T. B. “O Ensino por Investigação abrindo espaços para a argumentação de alunos e professores do Ensino Médio” Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência). Faculdade de Ciências. Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2011.

### RESUMO

Nas últimas décadas, o Ensino de Ciências vem buscando estratégias que favoreçam o entendimento dos conteúdos científicos ou, como indica Driver (1999), a enculturação da Ciência (DRIVER, CAPECCHI E CARVALHO, MORTIMER, 2000), além da formação de alunos e professores críticos e reflexivos. O uso da argumentação em salas de aulas pode se tornar grande aliada na formação de jovens pensadores e críticos, que consigam utilizar seus pensamentos em favor próprio e em conjunto, que sejam capazes de discutir problemas e propor soluções, não apenas na escola, mas em seu dia a dia. Para favorecer a argumentação, foi utilizado um minicurso investigativo com o tema “Forças Intermoleculares”. Nossa proposta de trabalho procurou investigar quais são as potencialidades do uso integrado desses referenciais teóricos e qual a contribuição de uma proposta de minicurso investigativo no desenvolvimento de habilidades de argumentação em alunos e futuros professores além de analisar a proposta investigativa utilizada. Os dados analisados foram divididos em três categorias, i) a proposta do minicurso investigativo com base na classificação de atividades de ensino proposta por Canal (2000), ii) a qualidade da argumentação com Osborne et al (2004) e iii) a atuação do professor na elaboração dos argumentos dos alunos com Mendonça e Justi (2009). Os resultados mostram que a atividade proposta favoreceu a argumentação dos alunos e professores, possibilitando a abertura de espaços na sala de aula para que ocorra diálogo entre os alunos e os professores. Pode-se perceber o papel fundamental do professor na elaboração dos argumentos dos alunos, pois, se os mesmos não direcionarem as discussões, os argumentos podem ser mal elaborados ou mal explorados.

**Palavras-clave:** Argumentação; Ensino por Investigação; Forças Intermoleculares; Ensino de Ciências

BIANCHINI, T. B. “**The teaching for investigation opening up spaces for the argumentation of students and teachers of high school**” Dissertation (Master's in Education for Science). Faculty of Science, Universidade Estadual Paulista, Bauru, Brazil, 2011.

### **ABSTRACT**

In recent decades, the Teaching of Science has been searching for strategies that enhance the understanding of scientific content or, as indicated by Driver (1999), enculturation of Science (DRIVER, Capecchi and CARVALHO, MORTIMER, 2000) and the training of teachers and students to be critical and reflective. The use of argumentation in the classroom can become a great ally in forming young thinkers and critics, who can use their own behalf and thoughts together; they can discuss problems and propose solutions, not just in school but in their day by day. To facilitate the argument we used an investigative short course with the theme "Intermolecular Forces". Our proposal of work aimed to investigate what are the potential use of integrated theoretical and the contribution of a proposed short course in the development of investigative reasoning abilities in students and future teachers as well as used to analyze the research proposal. Data were divided into three categories, i) the proposed investigative mini course based on the classification of educational activities proposed by Canal (2000), ii) the quality of argumentation with Osborne et al (2004) and iii) the performance of teacher in preparing students with the arguments of Mendonça and Justi (2009). The results show that the proposed activity favored the argument of the students and teachers, enabling the opening of spaces in the classroom dialogue to occur between students and teachers. It can be noticed the teacher's role in the development of students' arguments, because if they do not guiding discussions arguments can be poorly designed or poorly explored.

**Key words:** Argumentation; Teaching by Investigation; Intermolecular Forces; Science Education

## Lista de Quadros

<b>Quadro 1.</b> Contribuições da argumentação e perspectivas, Jimenez-Aleixandre et al (p.38, 2002).....	45
<b>Quadro 2.</b> Propriedades Químicas e físicas de compostos.....	67
<b>Quadro 3.</b> Proposições de Cañal (2000) pra analisar uma unidade didática....	83
<b>Quadro 4.</b> Classificação dos níveis das proposições fornecidas por Cañal.....	88
<b>Quadro 5.</b> Nível das proposições elaboradas por Cañal na análise da atividade.....	89
<b>Quadro 6.</b> Características dos argumentos de acordo com nível de argumentação, proposto por Osborne et al (2004).....	98
<b>Quadro 7.</b> Classificação do argumento do trecho 1, segundo Osborne et al (2004), escola A.....	103
<b>Quadro 8.</b> Classificação do argumento do trecho 2, segundo Osborne et al (2004), escola A.....	104
<b>Quadro 9.</b> Classificação do argumento do trecho 3, segundo Osborne et al (2004), escola A.....	105
<b>Quadro 10.</b> Classificação do argumento do trecho 1, segundo Osborne et al (2004), escola B.....	106
<b>Quadro 11.</b> Classificação do argumento do trecho 2, segundo Osborne et al (2004), escola B.....	107
<b>Quadro 12.</b> Classificação do argumento do trecho 3, segundo Osborne et al (2004), escola B.....	107
<b>Quadro 13.</b> Classificação do argumento do trecho 4, segundo Osborne et al (2004), escola B.....	108
<b>Quadro 14.</b> Classificação do argumento do trecho 5, segundo Osborne et al (2004), escola B.....	108
<b>Quadro 15.</b> Classificação do argumento, segundo Osborne et al (2004), do trecho 6, escola B.....	109
<b>Quadro 16.</b> Habilidade argumentativas que podem ser avaliadas pelo instrumento (MENDONÇA E JUSTI, p.8, 2009).....	113
<b>Quadro 17.</b> Análise dos argumentos dos professores e alunos segundo Mendonça e Justi (2009), escola A.....	115

<b>Quadro 18.</b> Análise dos argumentos dos professores e alunos segundo Mendonça e Justi (2009), trecho 1, escola B.....	117
<b>Quadro 19.</b> Análise dos argumentos dos professores e alunos segundo Mendonça e Justi (2009), trecho 2, escola B.....	117
<b>Quadro 20.</b> Análise dos argumentos dos professores e alunos segundo Mendonça e Justi (2009), trecho 3, escola B.....	118
<b>Quadro 21.</b> Análise dos argumentos dos professores e alunos segundo Mendonça e Justi (2009), trecho 4, escola B.....	119
<b>Quadro 22.</b> Análise dos argumentos dos professores e alunos segundo Mendonça e Justi (2009), trecho 5, escola B.....	119
<b>Quadro 23.</b> Análise dos argumentos dos professores e alunos segundo Mendonça e Justi (2009), trecho 6, escola B.....	120

### **Lista de Figuras**

<b>Figura 1.</b> Potenciais contribuições da argumentação Jimenez-Aleixandre et al (2002, p.48).....	50
<b>Figura 2.</b> Padrão de Argumento completo proposto por Toulmin (2001, p. 146).....	58
<b>Figura 3.</b> Exemplo de alegação proposta por Toulmin (2001, p. 146).....	61

## Sumário

<b>Introdução.....</b>	<b>13</b>
<b>1. Experimentação investigativa como estratégia de ensino.....</b>	<b>19</b>
1.1 A experimentação no Ensino de Ciências.....	19
1.2 Ensino por Investigação.....	21
1.3 Conceitualizando as Atividades investigativas.....	27
1.4 Algumas considerações sobre a proposta Investigativa em situações de ensino.....	30
<b>2. Argumentação.....</b>	<b>36</b>
2.1 A proposta de Van Eemeren et al (1996).....	37
2.2 A argumentação no Ensino de Ciências.....	40
<b>3. Forças intermoleculares.....</b>	<b>63</b>
<b>4. Metodologia.....</b>	<b>71</b>
4.1 Sujeitos de pesquisa.....	73
4.1.1 Professores em formação.....	74
4.1.2 Alunos da rede pública.....	75
4.2 Descrição do minicurso.....	75
4.2.1 Elaboração do minicurso.....	75
4.2.2 Caracterizando o minicurso.....	79
4.3 Coleta dos dados.....	81
<b>5. Análise dos dados.....</b>	<b>82</b>
5.1 Análise do minicurso investigativo.....	82
5.2 Análise da Argumentação.....	94
5.2.1 Análise segundo Osborne et al (2004).....	95
5.2.2 Análise segundo Mendonça e Justi (2009).....	112

<b>6. Considerações finais.....</b>	<b>122</b>
<b>Referências.....</b>	<b>128</b>
<b>Apêndices.....</b>	<b>133</b>
Apêndice 1 – Transcrição da apresentação e discussão das hipóteses na escola A.....	133
Apêndice 2 – Transcrição da apresentação e discussão das hipóteses na escola B.....	135
Apêndice 3 – Transcrição das hipóteses escritas da escola A.....	137
Apêndice 4 – Transcrição das hipóteses escritas da escola B.....	138
<b>Anexos.....</b>	<b>139</b>
Anexo 1 – Plano de Aula.....	139
Anexo 2 – Materiais para o experimento realizado.....	141
Anexo 3 – Experimento da gasolina (não realizado).....	142
Anexo 4 – Experimento da bolha de sabão resistente (não realizado).....	143
Anexo 5 – Imagens utilizadas na apresentação.....	144

## Introdução

Nas últimas décadas, as pesquisas no Ensino de Ciências têm buscado estratégias que favoreçam o entendimento dos conteúdos científicos ou, como indica Driver (1999), a enculturação da Ciência (DRIVER, CAPECCHI E CARVALHO, MORTIMER, 2000), além da formação de alunos e professores críticos e reflexivos. Atualmente, uma das linhas de pesquisa desta área que tem apresentado contribuições relevantes é o uso da argumentação no Ensino de Ciências e vem atingindo grande proporção recentemente a partir dos trabalhos de Driver, Jimenez-Aleixandre, Van Eemeren, Capecchi e Carvalho, entre outros.

A argumentação possui vários significados e alguns pesquisadores fazem a sua relação com ensino. A seguir, trazemos algumas dessas articulações propostas.

Para Costa (2008), alguns dos motivos que levam a aplicar o ensino argumentativo em sala de aula podem ser assim elencados:

- a aprendizagem é um processo de construção do conhecimento, assim como a atividade científica, os quais implicam na formulação de teorias explicativas para os fenômenos. Dessa forma, essas teorias são abertas à refutação de outras pesquisas e teorias, e não são tratadas como resultado de uma mera acumulação de fatos imutáveis, permitindo que a Ciência progrida por meio de discussões, conflito, argumentação e não por meio de concordância geral e imediata.
- a importância das questões sócio-científicas na sociedade contemporânea evidencia que há uma necessidade urgente de melhorar e aprofundar a compreensão dos jovens sobre a natureza do argumento científico. Assim, as escolas precisam desenvolver o uso da racionalidade crítica e argumentativa nos estudantes, capacitando-os a poder desempenhar um papel ativo e construtivo.
- investigações têm revelado que a argumentação válida não surge naturalmente; ao contrário, é adquirida pela prática, apontando para a necessidade de se desenvolver a argumentação nas salas de aula.

Segundo Kuhn (1993), a argumentação deveria estar presente nos contextos de sala de aula, pois pode permitir a emissão de juízos (elaboração de hipóteses, expressar opiniões) por parte dos alunos, um propósito essencial no Ensino de Ciências, já que o conhecimento pode ser contemplado como um processo permanente de avaliação em que a modificação de conclusões se deve ao surgimento de novos dados e novos argumentos, e não a uma mera troca de opinião.

Sob esta perspectiva, atividades que favoreçam a argumentação em sala de aulas podem se tornar grandes aliadas na formação de jovens pensadores e críticos, que consigam utilizar seus pensamentos em favor próprio e em conjunto, que consigam discutir problemas e propor soluções, não apenas na escola, mas em seu dia a dia. Assim, para Jiménez-Aleixandre e Bustamante (2003):

O raciocínio argumentativo é relevante para o Ensino de Ciências já que um dos fins da investigação científica é a geração e justificativa dos enunciados e ações encaminhadas para a compreensão da natureza, visto que o Ensino de Ciências deveria dar a oportunidade de desenvolver, entre outros, a capacidade de raciocinar e argumentar (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE E BUSTAMANTE, 2003, p. 36).

A aplicação de aulas argumentativas, que fazem uso da linguagem, remete às teorias propostas por Habermas (1958), em sua Teoria da Ação Comunicativa, na qual os eixos principais da argumentação fundamentam-se na retomada da razão e da comunicação.

Segundo Habermas (1958), na medida em que a racionalidade instrumental da Ciência e da técnica penetra nas esferas institucionais da sociedade, transforma as próprias instituições de tal modo que as questões referentes às decisões racionais baseadas em valores, ou seja, em necessidades sociais e interesses globais, que se situam no plano da interação, são afastadas do âmbito da reflexão e da discussão. A racionalidade instrumental, na trajetória de ampliação de seu campo de atuação, substituiu de forma crescente o espaço da interação comunicativa que havia anteriormente no âmbito das decisões práticas que diziam respeito à comunidade. Dessa forma, caem por terra as antigas formas ideológicas de

legitimação das relações sociais de poder. Com esse tipo de racionalidade, não se questiona se as normas institucionais vigentes são justas ou não, mas somente se são eficazes, isto é, se os meios são adequados aos fins propostos, ficando a questão dos valores éticos e políticos submetida a interesses instrumentais e reduzida à discussão de problemas técnicos.

Para tornar a população mais reflexiva e crítica, a formação de cidadãos parece ser a saída e, para isso, novos métodos de ensino devem ser utilizados. Em atividades de cunho educacional, a retomada da razão (reflexão) e a utilização da argumentação em aulas de Ciências podem ser grandes aliadas para a formação de estudantes que possam pensar sobre suas atividades cotidianas e refletir sobre seus atos em todas as decisões que vão surgir em suas vidas. Se considerarmos que a sociedade só pode evoluir se seus cidadãos forem críticos e avaliativos, então, a educação auxilia a formação de tais sujeitos. Por isso, a utilização de atividades que favoreçam a formação dessa característica argumentativa pode ser uma das opções para se construir uma sociedade mais justa e mais rica, em termos de caráter e cultura.

Todos os trabalhos na área de Ensino de Ciências que indicam a importância do uso dos argumentos na construção de cidadão críticos, reflexivos, apontam que tal atividade propicia a enculturação da Ciência e, segundo pesquisadores (DRIVER, 1999; 2000 e MORTIMER, 2002), ocorre quando alunos começam a ler, escrever e falar Ciência. Porém, um dos problemas detectados é a falta de oportunidade para a ocorrência da argumentação nas salas de aula. O uso do método tradicional de ensino, em que o professor é um “passador” de informações e os alunos são meros espectadores, não favorece a argumentação. Outro problema detectado é que, para que sejam favorecidas atividades argumentativas, os professores devem ser preparados para tal, algo que não vem ocorrendo na formação de professores, já que as atividades argumentativas exigem do professor o uso de argumentos e isso deve ser explorado, principalmente, na sua formação inicial.

Levando esses aspectos em consideração, este trabalho se propõe a analisar a possibilidade de uma atividade que propicie a abertura de espaços onde a argumentação dos alunos e professores em formação seja privilegiada. Assim, o que nos trouxe até aqui foram as características do processo de Ensino por Investigação que faz uso do levantamento de hipóteses pelos

alunos frente a problemas que são significativos a eles. Este tipo de atividade também possui outros fatores convergentes com as características das atividades argumentativas, como a formação de alunos críticos e reflexivos, que saibam se comunicar com a sociedade e, principalmente, no aprendizado da Ciência.

Segundo Lemke (1990), o “falar ciência” ocorre quando um aluno faz uma pergunta, instrui-se sozinho ou em grupo, inicia discussões diretas ou cruzadas e, posterior a discussões orais, fazem a transcrição de suas discussões. O ato de se comunicar nas aulas de Ciências seja de qualquer forma, oral ou escrita, é utilizado pela comunidade científica, pois a probabilidade de um cientista alcançar o sucesso será maior se ele conseguir se comunicar, expressando opiniões com sustentação.

Em atividades que apresentem como objetivo vislumbrar discussões em aulas de Ciências, cabe aos professores possuírem o domínio das linguagens específicas da Ciência assim como condições de sustentar discussões em que os alunos possam argumentar. Os aprendizes devem estar familiarizados com as diferentes linguagens utilizadas na atribuição de conceitos científicos, possibilitando a enculturação da Ciência, levando em consideração que essa linguagem apresenta papel importante na negociação, construção e organização de idéias na sala de aula.

O uso da Investigação no Ensino de Ciências também tem sido alvo de diversos estudos nas últimas décadas. Evidenciado por pesquisadores como Gil Pérez (1996), Cañal (2001), Hodson (1994), Suart e Marcondes (2008), Bianchini (2008), Zuliani (2001 e 2006), Munford e de Castro e Lima (2009), estes estudos têm mostrado a necessidade de mudanças nas atuais metodologias utilizadas em sala de aula, para que a experimentação possa auxiliar a construção do conhecimento, priorizando a ação do aluno por métodos criativos e cognitivos. A utilização do Ensino por Investigação tem sido explorada no sentido de melhorar o processo de aprendizagem de Ciências e pode ser utilizada como um processo orientado que conduz o aprendiz a situações capazes de despertar a necessidade do saber e o prazer pela descoberta do conhecimento.

A aula experimental, com a utilização de reagentes, equipamentos de laboratório e, principalmente, mostrando que a Ciência está muito próxima e

que não é algo de impossível compreensão pode servir de estímulo para os alunos se interessarem por tal área. A busca de educar a curiosidade natural que todos possuímos não deve ser esquecida pelos professores, mas, sim, estimulada e explorada, pois pode abrir espaços para a aprendizagem de conceitos (BIANCHINI, 2008).

O modelo didático de investigação na escola pretende ser uma alternativa de conceber conhecimento sem utilizar os modelos reducionistas do raciocínio tecnológico e instrumental e nem as simplificações próprias da alternativa fenomenológica espontânea. A escolha do Ensino por Investigação vai além de aulas eficientes nas quais os alunos aprendem os conhecimentos determinados pelos professores (BIANCHINI, 2008). Muitos outros atributos podem ser desenvolvidos pelos alunos por meio do Ensino por Investigação, como, por exemplo, autonomia, interdisciplinaridade, comunicação e raciocínio crítico (CAÑAL, 2006).

Existem muitas propostas investigativas apresentadas nos resultados de pesquisas e na literatura acadêmica. A escolhida neste trabalho prioriza a utilização de questões iniciais que engajam os alunos na atividade e favorece a emissão de hipóteses, que serão apresentadas e discutidas pelos alunos e professores – que, por sua vez, atuarão como orientadores.

Assim, nossa proposta de trabalho procura investigar quais são as potencialidades do uso integrado desses referenciais teóricos e qual a contribuição de uma proposta de minicurso investigativo no desenvolvimento de habilidades de argumentação em alunos e futuros professores, além de analisar a proposta investigativa utilizada.

Meu primeiro contato com tal proposta de ensino foi em minha Graduação, na elaboração da monografia de conclusão de curso, que teve como título “A Investigação Orientada como estratégia para o ensino de Eletroquímica” e, posteriormente, na elaboração do pré-projeto para o ingresso no Mestrado. Como me parece uma estratégia interessante, junto com outros colegas e minha orientadora, elaboramos um projeto em que alunos da rede pública iriam até a Universidade para participarem de minicursos investigativos. Tal projeto recebeu o nome de “Inclusão Científica e Universitária de alunos e professores da rede pública de ensino”.

O Ensino por Investigação possui processos epistêmicos bem definidos. Ao se defrontar com uma situação problema, o cientista procura possíveis resoluções para o fenômeno em questão. Apenas levantar hipóteses não garante que o problema tenha sido resolvido. Para que isso ocorra, a resposta encontrada deve ser validada. Uma das possíveis maneiras de validação é a apresentação para outros cientistas e, se estes aceitarem os argumentos, a hipótese é validada. Transpondo para uma situação de ensino, os alunos poderão debater com os demais alunos e com o professor, que deverá assumir o papel de mediador, para que todos os envolvidos possam participar da discussão e do reconhecimento do conteúdo abordado.

Por isso, a proposta deste trabalho se foca em visualizar como o uso do Ensino por Investigação pode abrir espaços nas aulas de Ciências para ocorrer a argumentação dos alunos acerca de conteúdos científicos e, no caso estudado, sobre as forças intermoleculares. A pesquisa foi realizada com um grupo de licenciandos em Química em formação, que elaboraram um minicurso investigativo e aplicaram em duas salas de aula do Ensino Médio de duas escolas públicas da cidade.

Nos próximos capítulos, discutiremos o Ensino por Investigação com auxílio de atividades experimentais, estratégia que foi utilizada para elaborar o minicurso desenvolvido com o objetivo de favorecer a argumentação de alunos e professores do Ensino Médio de uma escola pública da cidade de Bauru, São Paulo. A seguir, apresentaremos as bases da teoria argumentativa e sua utilização nas aulas de Ciências.

# 1. Experimentação investigativa como estratégia de ensino

## 1.1 A experimentação no Ensino de Ciências

Atualmente, o uso da experimentação e do laboratório didático no Ensino de Química tem sido alvo de diversos estudos (ZULIANI, 2001 e 2006). Tais pesquisas a respeito desta estratégia de ensino nos mostram que os professores não fazem seu uso ou a utilizam de maneira inadequada, não permitindo a aprendizagem efetiva do aluno por meio de aulas que seguem um roteiro mecânico, simplesmente ilustrativo, comprovando a teoria correspondente ao assunto (GARCIA BARROS *et al*, 1995).

A dificuldade em utilizar o laboratório didático, ou a inexistência do mesmo nas escolas, é uma realidade que os professores vivenciam; além da falta de tempo para preparar atividades experimentais e o excessivo número de alunos por turmas, o que prejudica o desenvolvimento das atividades experimentais (ZULIANI, 2001).

Hodson (1994) indica que a utilização inadequada do laboratório (experimentação ou simulações) pode estabelecer barreiras à aprendizagem, pois, com a utilização de aulas das quais apenas faz-se uso de um roteiro pronto e mecânico, o aluno tende a desenvolver uma visão errônea sobre Ciência, associando-a a um produto acabado, irrefutável e infalível. Tal prática ocasiona um desvio de seu objetivo primário que é a realização da atividade científica como uma atividade reflexiva, dependente de fatores sócio-econômicos, culturais, políticos e éticos, além do conhecimento das habilidades dos cientistas.

Segundo Zuliani (2001), é importante que o aluno entenda como uma teoria é construída e como as teorias podem ser modificadas, para que, assim, tenham a percepção do que é Ciência. Sob este ponto de vista, com a prática investigativa, os alunos aprenderão que perguntas e problemas têm mais de uma solução ou resposta correta, e que estas soluções podem ser provisórias e necessitar de alterações, que serão obtidas a partir de novas investigações.

A utilização de forma inadequada da aula experimental pode causar interferências indesejáveis e desviar a atenção do estudante de aspectos

fundamentais, dificultando a aquisição de conhecimentos e o desenvolvimento de conceitos. Um dos grandes problemas apresentados para tal atividade é o tempo de realização, geralmente, muito curto, porém, de grande importância (BIANCHINI e ZULIANI, 2009). Para Hodson (1994), tem-se destinado pouco tempo para o contato com a essência conceitual, então, o aluno, que não dispõe de tempo suficiente para inferir as generalizações necessárias à abstração dos conceitos inerentes à atividade experimental proposta pelo professor, faz uma atividade mecânica, que perde muito de sua utilidade como estratégia de ensino e aprendizagem (BIANCHINI e ZULIANI, 2009).

Para que o efeito do trabalho prático na construção e esquematização teórica dos estudantes seja adequado, os alunos precisam de mais tempo para interagir com as idéias e equipamentos, como também para a reflexão e a discussão das atividades desenvolvidas. Sem tais providências, a experimentação torna-se uma atividade mecânica em que os alunos são incapazes de estabelecer relações entre o que fazem e o que aprendem.

Segundo Zuliani (2006), as atividades experimentais deveriam priorizar o estabelecimento de atividades centradas nos processos criativos e cognitivos, privilegiando a ação do aluno como construtor de seu próprio conhecimento. Neste sentido, o uso da investigação, guiada pelo professor e fundamentada no modelo construtivista de aprendizagem, é considerado por vários autores como o caminho ideal para o uso da experimentação.

Suart e Marcondes (2008) relatam que a experimentação deve despertar o aluno para a descoberta e a investigação, assim, as aulas práticas de Química devem ser elaboradas de forma a valorizar o desenvolvimento lógico dos alunos, permitindo que eles aprimorem a capacidade de relacionar dados empíricos com o referencial teórico. As atividades experimentais investigativas, portanto, podem contribuir para o desenvolvimento de habilidades cognitivas, desde que sejam planejadas e executadas de forma a privilegiar a participação efetiva do aluno.

Ainda seguindo o raciocínio das autoras, a experimentação pode ter grande poder de desenvolver nos alunos a capacidade cognitiva e, se conduzida de maneira a favorecer o pensamento lógico, o processo ensino-aprendizagem poderá alcançar resultados satisfatórios quanto ao desenvolvimento dessas habilidades. Assim, as autoras concluem que:

“verifica-se que os níveis cognitivos das respostas elaboradas pelos alunos estão relacionados com os níveis cognitivos das questões propostas pelo professor” (SUART e MARCONDES, 2008, p.11). Dessa forma, tal afirmação indica a importância dos conhecimentos prévios que o professor deve ter em relação à turma que está trabalhando, pois, assim, pode alcançar seus objetivos com questões que sejam coerentes com o nível cultural e de conhecimento dos alunos.

Para Gil-Perez e Valdés Castro (1996), a prática de laboratório deve deixar de ser um trabalho exclusivamente experimental integrando outros aspectos da atividade científica essenciais na formação dos estudantes, como a pesquisa, as discussões e o trabalho em equipe. Fundamental, então, é oferecer aos alunos meios para atingir o nível de desenvolvimento desejado.

As características das atividades experimentais investigativas vão ao encontro das necessidades de uma aprendizagem de qualidade e poderiam desenvolver a capacidade argumentativa dos alunos, além do raciocínio crítico. A partir desta orientação, seria possível aproximar os estudantes da fascinante atividade científica, fazendo com que os reducionismos habituais fossem postos de lado, dando ao aluno uma visão de Ciência mais próxima da real. Assim, o ensino, numa abordagem investigativa, poderia ser um caminho para atingir tais objetivos.

## **1.2 Ensino por Investigação**

Segundo Hodson (1994), vários trabalhos de pesquisa mostram que os estudantes apresentam melhor desempenho em Ciências e desenvolvem seus conhecimentos conceituais quando participam de investigações científicas semelhante às feitas em laboratório. Estas pesquisas podem ser desenvolvidas com os alunos, tanto de forma experimental como em sala de aula, com problemas para serem resolvidos sem o uso de experimentos, apenas com lápis e papel.

Nas duas últimas décadas, vários estudos vêm sendo realizados na aplicação de uma investigação orientada. Trabalhos como os de Porlán, Cañal,

García Díaz, Travé, García Pérez, Pozuelos, Merchán, entre outros, confirmaram a relevância e viabilidade desta abordagem (CAÑAL et al, 2006).

A trajetória da abordagem didática investigativa remonta ao alvorecer da Escola Nova, na Europa, e da Escola Progressista Americana, e prosseguiu durante todo o século XX. Os trabalhos de autores como Dewey, Decroly, Piaget, Freinet, Carr e Kemmis, Stenhouse, Shemilt, entre outros, fundaram a abordagem psico-sócio-pedagógica deste enfoque. Bases que, posteriormente, evoluíram e se desenvolveram com os novos conhecimentos gerados pela educação para a Ciência. Partindo da capacidade inata do homem para se sentir curioso, explorar, aprender, refletir e transformar realidade, as propostas para a implementação da pesquisa escolar incorporam um potencial cognitivo em sala de aula e incentivam os alunos e professores a investigar, descobrir, pesquisar, explorar, questionar, analisar e compreender questões e problemas que lhes sejam interessantes, com a finalidade de reconstruir os seus conhecimentos (POZUELOS, TRAVÉ e CAÑAL, 2007).

Uma atividade investigativa não precisa ocorrer necessariamente em laboratório. Basta existir uma situação problema em que os alunos discutam e elaboram hipóteses para tentar chegar a uma solução. O cerne da investigação parece estar na forma de problematizar uma situação a ser investigada pelos aprendizes e na maneira como o professor irá conduzir as atividades.

O objetivo de elaborar atividades investigativas é levar o aluno a pensar, debater, justificar, argumentar, aplicar conhecimento a situações novas, fazê-los participar de sua própria aprendizagem e sentir a importância disso.

Segundo Moreira (1983), a investigação gerada pela resolução de problemas deve estar fundamentada nas ações dos aprendizes e estes devem ter oportunidade de agir sobre a situação de ensino.

Azevedo (2004) analisa a investigação como estratégia de ensino e considera que, para que uma atividade possa ser considerada investigativa,

a ação do aluno não deve se limitar apenas ao trabalho de manipulação ou a observação, ela deve também conter características de um trabalho científico: o aluno deve refletir, discutir, explicar, relatar, o que dará ao seu trabalho as características de uma investigação científica (AZEVEDO, 2004 p.21).

Segundo Azevedo (2004), a investigação deve ser fundamentada, ou seja, essa atividade tem que fazer algum sentido para o aluno de modo que ele entenda o porquê de realizar essa investigação. Nesta etapa, fica claro o papel do professor em elaborar um problema que esteja situado no cotidiano dos seus alunos.

O Ensino por Investigação tem como pressupostos básicos o seguinte corpo de trabalho: primeiro, os alunos devem sentir-se interessados em participar da investigação e, para isso ocorrer, é indicado iniciar a atividade com uma ou mais questões que sejam interessantes para os alunos; segundo, os aprendizes devem ter oportunidades em sala para poderem desenvolver uma das principais etapas da investigação, a elaboração das hipóteses para explicar o fenômeno observado/questionado; terceiro, deve ocorrer uma troca de idéias entre o corpo discente e o professor, que tem o papel de orientador.

Para levantar hipóteses, primeiro, o aluno deve reconhecer o trabalho e, assim, exercitar sua cognição, o que é desejado por muitos pesquisadores (SUART e MARCONDES, 2008). Ao tentar propor experimentos ou outras formas de comprovação de suas teorias, a utilização desta proposta torna possível o desenvolvimento da metacognição, pois, se os alunos não organizarem suas idéias, o trabalho fica dificultado e os objetivos dificilmente são alcançados.

Essa proposta auxilia no desenvolvimento de uma nova postura nos alunos. Em uma atividade que visa a atuação do aluno na condução de suas ações, faz-se necessário que o aluno a utilize de maneira adequada, ou seja, preparando um caminho (método) para sua atuação. No estabelecimento e na organização do grupo, na técnica da elaboração de hipóteses, nas possíveis proposições de experimentos e aplicações dos mesmos, e nas explicações, grande parte desses objetivos podem ser alcançados com maior facilidade se o aluno assumir a postura de um pesquisador disciplinado.

A priori, os alunos devem compreender que essas atividades são diferentes da tradicional, em que a atuação do professor é de “passar informações” e os alunos participam passivamente do processo de ensino e aprendizagem. Aqui, a atuação é do aluno e é ele que deve conduzir sua própria aprendizagem.

O Ensino por Investigação, portanto, pode propiciar a formação de jovens pensadores, que utilizam sua cognição como pilar para realizar atividades diversas, estendendo-se para seu dia a dia.

Para Cañal et al (2006), o ensino-aprendizagem por investigação pretende ser muito mais que um eficiente método de instrução escolar, pois posiciona-se na formação de atitudes e capacidades. Segundo os autores, o modelo da investigação na escola, de acordo igualmente com componentes ideológicos e científicos, aceita como próprio o seguinte conjunto de princípios didáticos:

Autonomia: é indispensável que os alunos vivam constantemente situações que sejam próprias para o desenvolvimento de sua personalidade e de uma conduta autônoma e, da mesma maneira, construam suas aprendizagens significativas.

Interdisciplinaridade: é impossível que os alunos baseiem sua aprendizagem na lógica interna de cada disciplina. Os professores devem estabelecer conexões de colaboração interdisciplinar para que seja possível um adequado envolvimento do objeto de estudo que vai ser investigado em sala de aula.

Comunicação: no desenvolvimento da aula, o fluxo de informações que se produz e a interação social que ocorre entre os alunos selecionam a comunicação como princípio didático. Este modelo didático propõe uma atenção especial na detecção de barreiras comunicativas que possam interferir nos processos construtivos da investigação.

As qualidades acima mencionadas pelos autores indicam a melhor formação de alunos com relação ao papel que podem exercer como cidadãos. A proposta baseia-se na idéia de que pessoas mais comunicativas, disciplinadas e conhecedoras de assuntos interligados, possam contribuir para a construção de uma melhor educação dos jovens do nosso país.

Cañal et al (2006) ainda indicam outros aspectos positivos em relação a utilização da investigação como método de ensino, tais como:

- a) potencializa indagação colaborativa, o trabalho em equipe e a unificação do currículo escolar;
- b) facilita o desenvolvimento profissional do professor e a aprendizagem funcional do aluno;
- c) trabalha com um currículo baseado no estudo de problemas que interessam a comunidade educativa.

Para Pérez (2000), os passos adequados para a aplicação da proposta investigativa são:

- a) a idéia básica da construção do conhecimento por parte do que se aprende e do caráter social e histórico do processo;
- b) a concepção da realidade como algo complexo, que deve ser abordado com estratégias adequadas do planejamento e resolução de problemas;
- c) a organização do currículo (escolar e profissional) em torno de problemas relevantes;
- d) o tratamento da realidade a partir de uma perspectiva questionadora e crítica.

O princípio da investigação, segundo Pérez (2000), também estrutura e dá sentido a outros princípios didáticos, como o da autonomia (auto-controle do indivíduo) e da comunicação (pois presta atenção nos processos comunicativos na construção do conhecimento). O princípio da investigação é guiar a aprendizagem do aluno, estruturado em torno do trabalho sobre problemas que são “investigados” pelo aluno com a orientação do professor.

Muitas são as propostas que utilizam a investigação como estratégia de ensino e aprendizagem. Segundo Cañal (1997), um dos primeiros autores a indicar passos possíveis para um processo investigativo foi Dewey. A proposta apresentada abaixo é muito próxima daquelas expostas atualmente por todos os autores citados e tem por base a investigação de situações cotidianas significativas para os alunos. De acordo com Cañal (1997), os passos propostos por Dewey são:

- a) Desenvolvimento de experiências a partir de problemas ou situações ou situações problema para os alunos;
- b) Delimitação e esclarecimento do problema, buscando explicações ou hipóteses;
- c) Coleta de dados em material bibliográfico ou realização de experimentos;
- d) Reelaboração de hipóteses originais;
- e) Aplicação e comprovação das idéias elaboradas (CAÑAL, 1997, p. 48).

Dewey (*apud* CAÑAL, 1997) considera ainda que o professor deve adotar uma atitude investigativa e científica, permitindo um trabalho aberto e o questionamento de suas próprias idéias.

Entre algumas propostas (DEL CARMEN, 1988; GIL PEREZ e VALDEZ CASTRO, 1996; GARCIA, 1993; DUSCHL, 1995 e HODSON, 1994), podemos verificar muitas convergências. Todos consideram fundamental a utilização de um problema que seja visto e abraçado como tal pelos aprendizes. Também indicam a necessidade de compartilhar com os demais estudantes não somente as idéias a respeito do problema escolhido, mas também em relação aos resultados obtidos.

Para todos os autores citados, também é essencial a formulação e o teste de hipóteses, que facilitam a construção das idéias e a busca de respostas, além do planejamento da investigação capaz de fazer com que o aluno tenha idéia das necessidades e caminhos para levar adiante o processo investigativo. Além disso, há necessidade de que a proposta encaminhe os alunos à busca de novas informações. O aprendiz deve ser capaz de interpretar não somente estas informações, mas os resultados obtidos durante o trabalho, experimentando a confirmação ou rejeição de hipóteses, o replanejamento experimental e a formulação de novos problemas.

Finalmente, uma necessidade apontada em todas as propostas é o compartilhamento e a exposição de resultados, nos quais se favorecerão a disseminação do conhecimento obtido e a compreensão de como se dá a construção do conhecimento científico.

De acordo com as linhas norteadoras propostas pelo Ensino por Investigação, o aprendiz deve, além de ter papel ativo no processo de

aprendizagem, familiarizar-se com a riqueza da atividade de construção do conhecimento, passando a encará-la como atividade aberta e criativa.

Para que isso se torne possível, as atividades propostas aos sujeitos deverão ser escolhidas, partindo do pressuposto de estarem contidas no universo de interesses dos mesmos.

Após discutidas as características da investigação, observa-se a importância do discurso gerado em salas de aula. Como os alunos são incentivados a elaborar hipóteses e, principalmente, a expô-las, ocorrerão espaços em que as discussões serão geradas, tanto entre os alunos como com o professor. Nesta etapa, o desenvolvimento da argumentação parece ser contemplado. Assim, parece-nos que as atividades investigativas, descritas a seguir, são imprescindíveis a este desenvolvimento.

### **1.3 Conceitualizando as Atividades investigativas**

Uma proposta muito interessante é a elaborada por Gil-Perez e Valdés Castro (1996), que defendem que as aulas experimentais não sejam meramente ilustrativas, pois, assim, os alunos podem perder o interesse, por não poderem manusear os materiais, já que possuímos vontade de fazer coisas que achamos interessantes. Por isso, as aulas experimentais devem ser trabalhadas com os reagentes e materiais mais simples, para que os alunos possam realizar os experimentos sem riscos, deixando ao professor o papel de orientador e aos alunos o de construir de maneira adequada o conhecimento veiculado na aula (BIANCHINI e ZULIANI 2009).

Na aula prática, a melhor maneira de começar o assunto de forma a despertar o interesse dos alunos é por meio de situações problemas. Perguntas bem elaboradas, relacionadas com o cotidiano dos alunos são de grande ajuda para incentivá-los a adquirir o conhecimento. Vale lembrar que o nível de complexidade da pergunta deve favorecer a reflexão dos alunos e levá-los a discutir sua importância no ambiente; além de estar de acordo com o nível sócio-cultural dos mesmos, previamente analisado pelo professor (BIANCHINI e ZULIANI, 2009).

Segundo Gil-Perez e Valdés Castro (1996), durante a realização do experimento, o professor deve tentar ao máximo exemplificar outros fenômenos que ocorrem pelos mesmos caminhos, para, assim, dar subsídios aos alunos realizarem mais perguntas sobre o tema e organizarem a maior quantidade de informações possível, facilitando a assimilação do conteúdo apresentado na aula e a transferência a outros contextos. Para tal situação, o professor deve estar preparado, pois será amplamente exigido em termos conceituais.

A atividade central da aula experimental através da investigação é a elaboração de hipóteses para elucidar os fenômenos observados utilizando os pré-requisitos que os alunos já possuem. Esta é uma etapa muito importante, pois, com o surgimento de hipóteses, propiciam-se as discussões que possibilitam a atuação do professor como mediador. Os grupos podem elaborar diferentes hipóteses e, ao apresentá-las, também estarão exercitando o trabalho de argumentação. Esta prática poderá ser capaz de gerar atitudes críticas mais acuradas e também favorecer o trabalho em grupo, que é de extrema importância para a vida em sociedade.

As aulas conduzidas desta maneira indicam aos alunos a importância de elaborar um projeto para a realização de atividades experimentais de forma adequada, e que a realização de ações previamente planejadas tendem a ser bem-sucedidas.

Gil-Perez e Valdés Castro (1996), ao citarem essas idéias para a realização de atividades investigativas, afirmam que a prática não é para ser seguida rigorosamente, mas serve apenas para os professores delinarem suas aulas investigativas.

No intuito de melhorar a qualidade da aprendizagem, é necessário que se leve em conta as investigações sobre o desenvolvimento de atividades investigativas, principalmente as que a consideram como um processo ativo, no qual se critica o fato de os professores centrarem a atenção na concreticidade dos exercícios de laboratório, não oferecendo oportunidade para que os alunos examinem os conceitos subjacentes. Nesta situação, o professor é que proporciona o marco conceitual, não deixando ao aluno espaço para a construção do significado pessoal (HODSON, 1994).

Segundo Hodson (1994), o enfoque da aula deveria oportunizar aos estudantes a exploração da capacidade de compreender e avaliar seus

modelos e teorias, além de oferecer estímulos adequados para seu desenvolvimento e mudança. Para isto, indica quatro passos principais:

- 1 - Identificar as idéias e concepções dos alunos;
- 2 - Elaborar experiências para explorar tais idéias e concepções;
- 3 - Oferecer estímulos para que desenvolvam e possivelmente modifiquem suas idéias e concepções;
- 4 - Apoiar as tentativas de repensar e reelaborar estas idéias e concepções (HODSON, 1994, p. 305).

Seguindo o raciocínio acima, o autor critica a utilização das aulas experimentais usuais, devido ao grande desvio que os aprendizes sofrem em relação aos conceitos importantes, dificultando, assim, a aprendizagem significativa<sup>1</sup> dos assuntos abordados. Dessa maneira, mesmo que os alunos estejam realizando as atividades experimentais, são incapazes de estabelecer as conexões entre suas atividades e a teoria. O aluno se sente perdido, pois, sem uma compreensão teórica apropriada, ele não sabe o que é mais relevante observar no experimento. Devido a estes fatos, o professor é obrigado a dar as respostas corretas sobre a aula e cabe ao aluno imaginar o que deveria ter acontecido ou, ainda pior, forjar resultados inexistentes.

Segundo Hodson (1994), o trabalho experimental deve estimular o desenvolvimento conceitual, fazendo com que o trabalho autônomo de elaborar e controlar suas próprias ações seja comparado com o do modelo científico. Assim, essas ações terão um importante papel em seu desenvolvimento cognitivo, além da compreensão de como são elaboradas as estratégias de ação dos cientistas.

Quanto à prática da Ciência, Hodson (1994) não coloca como objetivos a aprendizagem e o desenvolvimento de destrezas e habilidades nas técnicas de laboratório, mas, sim, os métodos e procedimentos científicos para investigar fenômenos e resolver problemas. Se o nosso desejo é que a prática tenha algum sentido para os estudantes, é necessário que se use um modelo de Ciência filosoficamente aceito. Assim, o autor apresenta quatro elementos principais aos quais esta prática deveria estar vinculada:

---

<sup>1</sup> Aprendizagem Significativa: segundo Ausubel (1980), a aprendizagem será significativa se o professor conhecer a estrutura cognitiva do aluno e escolher um material que seja potencialmente significativo para o aluno, auxiliando na aprendizagem.

1 - Fase de desenho e planejamento: quando se fazem perguntas, formulam-se hipóteses e idealizam-se procedimentos experimentais e técnicas.

2 - Fase de realização: quando colocam-se em prática as operações e se coletam os dados.

3 - Fase de reflexão: quando se examinam e interpretam os dados experimentais sob diversas perspectivas teóricas.

4 - Fase de registro e elaboração: relatório detalhado com procedimentos, fundamentação teórica, interpretação e conclusão, para uso pessoal e comunicação para a comunidade (HODSON, 1994, p. 308).

Ainda em relação ao autor acima citado, admite-se que a prática da Ciência, embora tenha princípios filosóficos, é uma atividade pouco metódica e imprevisível, que exige do cientista a elaboração da sua própria metodologia. Portanto, não se pode aprender Ciência com uma série de receitas aplicáveis a qualquer situação. Uma das possíveis maneiras eficazes de aprender a fazer Ciência, segundo Hodson (1994), é praticando a Ciência junto a um pesquisador capaz de orientar com suas críticas e conselhos.

Dessa forma, parece-nos que a proposta investigativa pode ser uma estratégia para auxiliar o Ensino de Ciências e, no caso deste trabalho, no ensino de Química. Em minha experiência profissional, pude perceber que, quando os alunos são indagados quanto à possibilidade de aprendizagem na Química, quase todas as respostas estão relacionadas ao laboratório. O uso da experimentação investigativa possibilita um maior envolvimento por parte dos alunos em sua própria aprendizagem, além das aulas se tornarem mais interessantes para os mesmos. A investigação realizada com experimentos vai ser priorizada neste trabalho e, a seguir, apresentaremos pesquisas que procuram desvendar a importância da investigação.

#### **1.4 Algumas considerações sobre a proposta Investigativa em situações de ensino**

Artigos recentes mostram que a proposta investigativa vem sendo bastante discutida pela comunidade científica. Em seu trabalho, Mateusa, Molina e Farias (2006) utilizam aulas investigativas no Laboratório de Química Geral, apoiando-se em artigos sobre o uso de práticas experimentais. A intenção dos autores é trazer para o trabalho experimental procedimentos da investigação científica, deixando de lado o tipo tradicional de ensino,

caracterizado como “receita”, orientando o aluno para se tornar mais autônomo na maneira de aprender, planejar e executar experimentos. Os artigos continham poucas informações sobre os resultados e os procedimentos, possibilitando o planejamento do trabalho a ser efetuado pelo próprio aluno. A metodologia foi aplicada em estudantes de Química Geral, da carreira de Química, da Universidade Nacional da Colômbia. Após a conclusão do projeto, os autores destacaram que o mais importante foi a integração dos diferentes conceitos e, em seguida, a obtenção do novo conhecimento, além de os alunos demonstrarem satisfação com o trabalho realizado.

Os autores ainda indicam que a metodologia cumpriu com a intenção de dar importância ao trabalho experimental por levar o aluno a estudar, investigar, consultar e trabalhar em equipe para planejar, entender e analisar os resultados, e também favoreceu uma melhor compreensão da integração teórica e conceitual.

Pozuelos, Travé e Cañal (2007) realizaram um trabalho no qual os objetivos do estudo concentraram-se na análise das idéias dos professores sobre o ensino através de processos de investigação, na reflexão sobre a participação das partes interessadas, na determinação do papel do currículo e na descrição das dificuldades encontradas pelos professores para introduzir essas estratégias pedagógicas. O projeto se desenvolveu nas seguintes etapas: compreensão do contexto e elaboração do projeto de investigação com os professores; o planejamento das ações do projeto de investigação; a implementação do plano; análise e manipulação dos dados através da aplicação de procedimentos qualitativos e, finalmente, o desenvolvimento de um relatório de pesquisa com as equipes de professores.

Dentre as conclusões que os autores chegaram, pode-se destacar que, embora a opção de organizar a dinâmica da sala de aula com base na investigação seja atraente tanto para alunos como para professores, os dados indicam que o ensino é complexo e trabalhoso devido às limitações e dificuldades enfrentadas pelos professores e pela falta do estabelecimento de um padrão para realizar a investigação.

Pozuelos, Travé e Cañal (2007) destacam também a importância da divulgação das experiências de investigação na escola, pois, raramente, os professores se comunicam e, quando isso acontece, é em nível regional. Ainda

segundo os autores, promover a divulgação significa igualmente beneficiar um possível estímulo do desenvolvimento profissional como resultado de uma reflexão sobre a prática e de expressão sistemática e informando abordagens, propostas e resultados.

Suart e Marcondes (2008), em seu trabalho, investigaram as habilidades cognitivas manifestadas por alunos da primeira série do Ensino Médio, na disciplina de Química, em uma atividade experimental investigativa. Os alunos deveriam investigar quais fatores podem interferir na temperatura de ebulição de um material. As autoras propõe que experimentos investigativos são uma das estratégias sugeridas para permitir a participação mais ativa dos alunos no processo de aprendizagem. Assim, se os alunos participarem de etapas como: coleta de dados, análise e discussão, poderão formular hipóteses e propor soluções para o problema, desenvolvendo seu raciocínio lógico e habilidades cognitivas importantes para a construção do conhecimento químico e para a sua formação cidadã.

Na análise das autoras, verifica-se uma dificuldade dos alunos em compreender a relação entre tempo e temperatura. Alguns grupos, ao proporem seus procedimentos, determinaram o tempo como o objeto de estudo e não a relação conjunta dos mesmos. Os resultados também evidenciaram grande participação dos alunos na atividade e a manifestação de habilidades cognitivas de alta ordem como a elaboração de hipóteses; porém, grande parte das respostas foi classificada como habilidades cognitivas de baixa ordem, talvez por se tratar de uma atividade pouco conhecida pelos alunos e exigir maior esforço cognitivo em algumas etapas.

Munford e de Castro e Lima (2007) realizam uma pesquisa que objetivava apresentar e discutir fundamentos teóricos e filosóficos do Ensino por Investigação, procurando apontar algumas concepções dessa abordagem que são consideradas pouco apropriadas. Em seu trabalho, tomaram como pressupostos básicos as seguintes idéias: 1) as explicações científicas surgem e se desenvolvem enquanto espaço de investigação orientada; 2) nos processos de formação de professores, é preciso estabelecer um espaço permanente de investigação e trocas de vivências entre eles acerca da implementação dessa metodologia em seu trabalho. Os resultados encontrados dão conta de que houve uma ampliação significativa no entendimento dos

professores, que são graduados na área de Ciências da Natureza ou comprovaram exercício de, no mínimo, 3 anos de docência na área, sobre o que é Ensino por Investigação e quanto às suas aproximações e diferenças com um ensino experimental ou baseado em atividades de investigação simples e ritualística.

Em seu artigo, as autoras questionam diretamente três concepções que consideram equivocadas sobre o Ensino de Ciências por investigação: primeiramente, é muito comum pessoas acreditarem que o Ensino de Ciências por investigação envolve, necessariamente, atividades práticas ou experimentais ou que se restringe a elas. Contudo, se tomarmos como válidas as perspectivas apresentadas em nosso texto, podemos estar de acordo que uma atividade experimental, muitas vezes, não apresenta características essenciais da investigação, e que atividades que não são práticas podem ser até mais investigativas do que aquelas experimentais, dependendo da situação.

Em segundo lugar, é bastante difundida a noção de que o Ensino de Ciências por investigação tem de ser, necessariamente, um ensino envolvendo atividades “abertas”, nas quais os estudantes têm autonomia para escolher questões, determinar procedimentos para a investigação e decidir como analisar seus resultados.

Segundo Mundord e de Castro e Lima (2007), essa é uma proposta significativa, pois a organização das atividades investigativas em diferentes níveis de abertura ou controle possibilita a aprendizagem por meio de investigação entre alunos de diferentes faixas etárias e com diferentes perfis, inclusive aqueles com maiores dificuldades na área de Ciências da vida e da natureza. No entanto, veremos que muitos educadores discordam desse posicionamento e apresentam a possibilidade de atividades com múltiplas configurações com diferentes níveis de direcionamento por parte do(a) professor(a).

Segundo as autoras, muitos pesquisadores acreditam que seria possível – e necessário – ensinar todo o conteúdo por meio de uma abordagem investigativa. A posição aqui defendida é de que alguns temas seriam mais apropriados para essa abordagem, enquanto outros teriam de ser trabalhados de maneiras diferentes. O Ensino de Ciências por investigação seria uma

estratégia entre outras que o(a) professor(a) poderia selecionar ao procurar diversificar sua prática de ensino de forma inovadora.

Mundord e de Castro e Lima (2007) recomendam que, preferencialmente, o(a) professor(a) organize as situações de aprendizagem de forma que atividades relacionadas a cada um desses componentes componham a “investigação”. Para as autoras, dependendo da situação, nem todos os elementos terão de ser incorporados à seqüência de aulas investigativas. Naturalmente, dessa idéia resulta uma outra, a de que é necessário apresentar um elenco variado de aulas para trabalhar temas através da investigação, pois indicam que seria impossível considerar que uma única aula por si só seja investigativa.

Cabe ainda enfatizar que o nível de direcionamento e coordenação, por parte do(a) professor(a), varia conforme as condições do contexto de ensino-aprendizagem, tais como: disponibilidade de tempo, conceitos a serem trabalhados, características dos estudantes, relações dentro da turma e experiência do docente.

Mundord e de Castro e Lima (2007) concluem que, na pesquisa apresentada, são múltiplas as perspectivas sobre o papel e o lugar do Ensino de Ciências por investigação na formação dos estudantes da educação básica. Assim, é relativamente consensual entre os pesquisadores que houve uma ampliação significativa no entendimento dos professores sobre o que é Ensino por Investigação e sobre suas aproximações e diferenças com um ensino experimental ou baseado em atividades tradicionais. Para elas, o objeto de aprendizagem, a discussão sobre Ensino por Investigação, tem gerado nos participantes uma certeza de que é preciso promover um ensino mais interativo, dialógico e baseado em atividades capazes de persuadir os alunos a admitirem as explicações científicas para além dos discursos autoritários, prescritivos e dogmáticos.

Em nosso trabalho de 2008, realizamos um minicurso com alunos da segunda série do Ensino Médio de uma escola técnica utilizando a metodologia investigativa com o auxílio de aulas experimentais para trabalhar o conteúdo de EletroQuímica. Neste minicurso, as atividades elaboradas foram inspiradas na proposta de investigação de Gil Perez (1996). Após as análises dos resultados, indicamos que a metodologia sugerida se mostrou muito eficiente, pois seus

objetivos de despertar interesse, produzir discussões, desenvolver trabalhos em grupo e desmistificar as atividades do cientista e do trabalho científico, foram atingidos (BIANCHINI, 2008).

Dentre as principais características relatadas no trabalho sobre a importância da utilização da proposta investigativa para o ensino de EletroQuímica, Bianchini (2008) destaca que a mais importante foi a construção eficaz do conhecimento, que pode ser levantada a partir da análise de questionários aplicados ao término das atividades. Na pesquisa, um fator relevante observado foi a aceitação da metodologia por parte dos alunos, que demonstraram grande interesse em descobrir as respostas para os problemas elaborados, além de favorecer a participação efetiva de todos os alunos presentes.

Já na presente pesquisa, trabalhamos com professores em formação focando na elaboração de atividades investigativas e posterior aplicação em salas do Ensino Médio, procurando identificar os argumentos emitidos nas discussões entre os alunos e os futuros professores. Nesta altura, parece-nos que a argumentação coloca-se como essencial no processo de ensino e aprendizagem. Dessa forma, o desenvolvimento da argumentação surge como parte integrante e indissociável do processo de Ensino por Investigação. Assim, no próximo capítulo, apresentamos o conceito de argumentação e suas potencialidades no Ensino de Ciências.

## 2. Argumentação

Muitos trabalhos têm levado em consideração o uso da argumentação em sala de aula como forma de possibilitar aos estudantes novas maneiras de conhecer a ciência, fugindo do método tradicional, no qual o professor é apenas um passador de informações e os alunos são meros espectadores.

A grande maioria dos trabalhos desenvolvidos por autores como Driver, Jimenez-Aleixandre, Duschl, Carvalho e Capecchi, entre outros, apontam muitos pontos favoráveis no uso da argumentação, tais como a possibilidade de formação de cidadãos críticos, que saibam enfrentar problemas; a enculturação da Ciência; o desenvolvimento de responsabilidade e trabalho em grupo; despertar interesse pelos conhecimentos científicos, entre outros. Alguns trabalhos foram selecionados para este plano de discussão com intuito de contribuir para com o esclarecimento de sua proposta, utilização e avaliação.

Segundo Erduran (2006), o termo argumento refere-se à essência das teorias, dados, justificações e conhecimento básico, que contribuem para o conteúdo do argumento, enquanto o termo argumentação refere-se ao processo de associar aqueles componentes que desempenham um papel central na construção de explicações, modelos e teorias.

De acordo com Capecchi e Carvalho (2002), a argumentação é uma atividade social, na qual um ou mais indivíduos, neste caso, professores e alunos, elaboram enunciados para justificar ou refutar explicações para um determinado fenômeno.

Para Jiménez-Aleixandre (2003), argumentação é a capacidade de relacionar dados e conclusões, e avaliar enunciados teóricos à luz dos dados empíricos ou provenientes de outras fontes.

Segundo Driver (2000), os argumentos podem ser retóricos, dialógicos, racionais e persuasivos: os primeiros são razões para convencer o auditório, e utilizam-se muitas vezes no ensino; os segundos examinam distintas alternativas e são os de maior interesse para a análise do discurso e para o Ensino de Ciências. Com os argumentos racionais, procura-se uma solução racional para um problema determinado e com os persuasivos pretende-se chegar a um consenso.

Para Jiménez-Aleixandre (2004), o pensamento crítico é a capacidade de desenvolver uma opinião independente, de refletir sobre a realidade e de participar dela.

Neste capítulo, assumiremos a concepção de Van Eemeren et al (1996) para definirmos o que é a argumentação. Na seqüência, iremos relacionar sua utilização no ensino e, principalmente, no Ensino de Ciências.

## **2.1 A proposta de Van Eemeren et al (1996)**

No livro *“Fundamentals of argumentation theory: a handbook of historical backgrounds and contemporary developments”*, Van Eemeren et al (1996) procuram desenvolver teorias sobre o que é a argumentação e como ela ocorre. Sua abordagem não é educacional, entretanto, cabe lembrar que a argumentação não surgiu na educação, mas seu uso como ferramenta para o Ensino de Ciências vem sendo muito estudado.

Para Van Eemeren et al (1996), a argumentação é uma atividade verbal que, normalmente, é realizada em uma linguagem comum. Um orador ou escritor, envolvido na argumentação, usa certas palavras e frases para afirmar, perguntar ou negar alguma coisa, para responder às declarações, perguntas ou recusas e assim por diante. Tal como outras atividades verbais, a argumentação pode muito bem ser acompanhada pelo uso de meios não-verbais da comunicação, como expressões faciais e gestuais, mas não na medida em que as expressões verbais são completamente substituídas pelas não-verbais, pois, sem o uso da linguagem, não pode haver nenhuma argumentação.

Segundo Van Eemeren et al (1996), argumentação é uma atividade social, que, em princípio, é dirigida a outras pessoas. Naturalmente, o caráter social da argumentação é mais evidente no discurso entre dois ou mais interlocutores, todos iguais e, mesmo que cada possua suas próprias idéias, seu comportamento é basicamente social.

Logo que eles começam a ponderar as várias considerações, temos uma antecipação de possíveis reações de um interlocutor, mesmo que estas reações sejam apenas de si mesmo. Assim, quando as pessoas colocam os

seus argumentos, elas tentam encontrar as reações dos outros. Se, no momento da argumentação, o argumentador perceber expressões de reprova, ele pode tentar modificar seus argumentos para tentar convencer o outro.

Van Eemeren et al (1996) afirmam ainda que a argumentação é uma atividade da razão, o que indica que o argumentador tem dado alguma atenção ao assunto. Apresentar um argumento significa que o sujeito tenta mostrar que, através de uma explicação racional, pode ser dada a sua posição sobre o assunto. Isso não quer dizer que as emoções não podem desempenhar um papel na adoção de uma posição, mas que esses motivos internos, que foram assimilados no discurso, não são diretamente relevantes. Assim, quando as pessoas apresentam os seus argumentos, elas colocam suas considerações no campo da razão.

Para Van Eemeren et al (1996), o discurso de argumentação sempre se refere a uma opinião particular ou ponto de vista sobre um tema específico. A necessidade de argumentação surge quando as opiniões divergem sobre este assunto. Por si só, possuir um parecer não é suficiente para iniciar a argumentação. Argumentar só faz sentido se houver um ouvinte ou leitor que entretém dúvida sobre uma opinião ou um parecer divergente. Argumentação, então, começa a partir da presunção, com ou sem razão, de que o ponto de vista do argumentador não é imediato, mas é controverso.

Segundo os autores, a diferença de opinião pode ser totalmente aberta e explícita, – que seja claro para todos que o interlocutor não partilha o ponto de vista do argumentador – mas, na prática, a controvérsia, muitas vezes, permanece encoberta e implícita, fato que pode prejudicar a aprendizagem. O ponto de vista pode também permanecer obscuro e pode variar em consistência, natureza e escopo.

Van Eemeren et al (1996) indicam que a argumentação destina-se a justificar a própria perspectiva, ou refutar a de outra pessoa. Em uma justificação argumentativa de um ponto de vista, o argumentador tenta defender o seu ponto de vista, mostrando que é expressa uma proposição aceitável; em uma refutação argumentativa, ocorre o ataque do ponto de vista, mostrando que a proposta é inaceitável, enquanto que, para o oposto, a proposta é aceitável.

Para justificar ou refutar um ponto de vista por meio da argumentação, com o avanço dos pontos de vista, é necessário apresentar proposições para se chegar a uma conclusão. No caso da argumentação, no entanto, a constelação de proposições têm, devido à sua força de justificação ou refutação, uma função especial de comunicação.

A constelação de proposições são os argumentos envolvidos na tentativa de um argumentador validar a sua opinião para uma platéia que não necessariamente possui apenas idéias contrárias.

Na tentativa de justificar um ponto de vista, a constelação de proposições consiste em mais um pró-argumentos ("razões"), para refutar um ponto de vista, e consiste em um ou mais contra-argumentos ("contra razões"). Na prática, argumentadores, muitas vezes, limitam-se a apresentar qualquer argumentação, pró ou contra. Em princípio, porém, essas duas atividades são interdependentes: pró-argumentos, muitas vezes, pressupõem certos contra-argumentos e vice-versa. Eles são, na verdade, ferramentas complementares para avaliação da aceitabilidade de um ponto de vista (VAN EEMEREN et al, 1996).

Para os autores, a argumentação visa aumentar a aceitabilidade de um ponto de vista controverso para o ouvinte ou o leitor. A constelação de proposições apresentadas pelo argumentador está calculada para atingir esse objetivo, tentando convencer ou persuadir a audiência. Ela não depende apenas das qualidades intrínsecas dos argumentos para a aprovação do público, mas também nas qualidades do público na avaliação deles. Quanto mais sofisticada a audiência for, melhor ela cumprirá uma função crítica testando a força do argumento, pró ou contra o ponto de vista.

Segundo Van Eemeren et al (1996), no avanço da argumentação, argumentadores apresentam seus argumentos para a aprovação do público. Em princípio, o próprio ato de argumentar envolve um apelo, para melhor ou para pior, a razoabilidade da audiência. Em uma avaliação razoável, a audiência deve determinar até que ponto a argumentação do ponto de vista o torna aceitável. O apelo à razoabilidade seria inútil se a audiência não for capacitada para avaliar a argumentação como um juiz racional. Para cumprir com este requisito, o público deve avaliar a argumentação com base em padrões de norma.

Na prática, argumentadores abordam um público com o objetivo de justificar ou refutar um ponto de vista e, em geral, presumem que existem certos padrões disponíveis para avaliar a qualidade da argumentação (VAN EEMEREN et al., 1996). Eles também presumem que essas normas serão aplicadas pelo público na avaliação da argumentação. Caso contrário, a sua argumentação seria inútil. Naturalmente, as normas que os argumentadores têm em mente não são necessariamente as de um juiz racional, e o argumentador pode estar errado em pensar que a audiência compartilha das mesmas normas.

Há a proposição de uma definição descritiva no sentido de que ela está intimamente ligada à maneira pela qual a palavra argumentação é usada na linguagem comum. Argumentação não se refere apenas ao processo de argumentação ("Eu estou quase com a minha argumentação"), mas também o produto resultante do mesmo ("A argumentação, tal como está, não é convincente").

Segundo os autores, as características gerais da argumentação, são retomadas na seguinte definição:

A argumentação é uma atividade verbal e da razão social destinadas a aumentar (ou diminuir) a aceitabilidade de um ponto de vista controverso para que o ouvinte ou leitor, através da apresentação de uma constelação de proposições destinadas para justificar (ou refutar) do ponto de vista diante de um juiz racional (VAN EEMEREN et al, 1996, p. 47, tradução nossa).

Recentemente, vimos um crescimento nas pesquisas que indicam a argumentação como uma habilidade interessante no ensino em geral e no Ensino de Ciências em particular. A seguir, fazemos um breve leitura destas indicações.

## **2.2 A argumentação no Ensino de Ciências**

O uso da argumentação nem sempre foi foco do ensino, principalmente do Ensino de Ciências. Porém, com o crescente número de pesquisas na área, várias adaptações estão sendo feitas para adequar os estudos da argumentação ao ensino.

A comunicação entre professores e alunos nas salas de Ciências tem sido alvo de muitos estudos por caracterizar a evolução da Ciência. A discussão entre cientistas para comprovarem suas teorias ocorre por meio da argumentação e, para tal aceitação, os argumentos a favor e contra são os mediadores para a comprovação de novas teorias. Esse método de discussão, ao ser aplicado em salas de Ciências, parece favorecer a aprendizagem de conteúdos e auxilia na formação pessoal dos alunos. Dado essa importância, traremos, a seguir, algumas discussões de autores que fazem uso da argumentação no Ensino de Ciências.

Segundo Jimenez-Aleixandre (2006), o estudo dos processos argumentativos é muito importante para a aprendizagem das Ciências devido ao fato de que a construção do conhecimento científico abrange práticas de justificação, de basear as conclusões em evidências.

Nessa mesma linha, Capecchi (2004b) apresenta a argumentação como um importante gênero discursivo, muito presente na cultura científica. Quanto a esse conhecimento, Jimenez-Aleixandre (2006) alega:

O conhecimento científico é diferente de outros domínios, entre outros aspectos, porque os enunciados, conclusões, hipóteses ou teorias não constituem meras opiniões, mas devem estar sustentadas em provas, dados empíricos ou respaldo de natureza teórica (JIMENEZ-ALEIXANDRE, 2006, p 35).

Segundo a autora, a aprendizagem deve ser contemplada como um processo de participação social e que aprender Ciências é ser aprendiz das práticas discursivas da comunidade científica (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 2006).

No estudo realizado por Capecchi (2004a), a autora analisou o discurso dos alunos em uma sala do nível médio, tendo como enfoque a busca de indícios de um processo de enculturação, e explicaram que os conceitos de linguagens seguem dois tipos principais: a linguagem “científica” e a do “cotidiano”. A linguagem científica pode ser separada em linguagem científica dos cientistas e linguagem científica de sala de aula, sendo que a última sofre transformações para adequar-se ao contexto da sala de aula, e, nesse processo, algumas características da cultura científica são mantidas e outras não.

A autora considera que cada uma dessas linguagens apresenta “aspectos dos extratos sociais aos quais pertencem”, afirmando que “aprender ciência envolve aprender também a expressar-se em uma nova linguagem social” (CAPECCHI, 2004a, p.60).

Um ponto enfatizado na pesquisa é que:

[...] Quando nos referimos à argumentação nas aulas de ciência, estamos interessados nas intervenções dos alunos durante discussões visando a construção de explicações coletivas para determinados fenômenos [...]” (CAPECCHI, 2004a, p.60).

Em outro estudo, Capecchi et. al. (2004b), buscaram identificar, numa perspectiva sociocultural, aspectos estruturais dos argumentos utilizados pelos alunos durante uma aula de conhecimento físico em uma sala de segunda série do Ensino Fundamental.

Capecchi et. al. (2004b), utilizaram como ferramenta de análise o padrão de Toulmin (2001), pois este se revelou um poderoso instrumento para a compreensão do papel da argumentação no pensamento científico, uma vez que oferece a possibilidade de se observar o papel das evidências na elaboração de explicações causais e relacioná-las aos dados e conclusões através das justificativas.

Como conclusões, Capecchi et. al. (2004b) indicam que os alunos fizeram um amplo uso de dados empíricos, uma vez que essas atividades são aplicadas sem teoria prévia, sendo a única base de conhecimento aqueles trazidos pelos alunos. As autoras afirmam que o número de asserções com justificativas foi elevado e os alunos elaboraram hipóteses a partir de suas conclusões.

Outro ponto importante apontado por Capecchi et. al. (2004b) é que, como as atividades de conhecimento físico apresentam uma solução única e as variáveis envolvidas são visíveis, a discussão final fica centrada no problema, não havendo grande possibilidade do surgimento de argumentos completos com refutações ou qualificadores.

Nessa pesquisa, fica evidenciada a importância da existência de um período na aula no qual os alunos possam discutir entre eles e tenham liberdade de argumentar a respeito do processo de solução do problema.

Já Jimenez-Aleixandre et al (2002) realizaram um levantamento dos trabalhos recentes que utilizam a argumentação no Ensino de Ciências e estabelecem e abordam dois parâmetros. No primeiro, um quadro é relacionado a estudos de Ciência destacando a importância do discurso na construção do conhecimento científico e as consequências para a educação. Um segundo quadro é a perspectiva sócio-cultural que aponta para o papel da interação social na aprendizagem e processos de pensamento, e propõe que os processos originários de pensar são atividades socialmente mediadas, particularmente através da mediação da linguagem. Para as autoras, poderiam ser adicionados um interesse na participação democrática, que exige um debate entre os diferentes pontos de vista e não a aceitação da autoridade. A implicação é que a argumentação é uma forma de discurso que precisa ser apropriada pelos alunos e explicitamente ensinada de forma adequada.

A partir dessas abordagens, uma visão pode ser obtida sobre o ensino da ciência em termos de apropriação de práticas comunitárias que promovam os modos de comunicação necessários para manter o discurso científico. Tal visão contrasta com a visão tradicional da aprendizagem de Ciências que se concentra apenas nos resultados, tais como a resolução de problemas, aprendizagem de conceito ou desenvolvimento de habilidades científicas.

O aprendizado da ciência é, portanto, considerado o envolvimento na construção e utilização de ferramentas que, como a argumentação, são fundamentais na geração de conhecimento sobre o mundo natural. A argumentação desempenha um papel central na construção das explicações, modelos e teorias, e, como cientistas, usam argumentos para relacionar as evidências que selecionam com as alegações que propõem pelo uso de garantias e conhecimentos básicos (TOULMIN, 1958, *apud* JIMENEZ-ALEIXANDRE et al, 2002).

A discussão apresentada é que a argumentação é um processo extremamente importante no discurso da Ciência, e que deve ser promovida nas aulas de Ciências (DUSCHL e OSBORNE, 2002; KELLY ET AL., 1998; ZOHAR E NEMET, 2002, *apud* JIMENEZ-ALEIXANDRE et al, 2002).

Jimenez-Aleixandre et al (2002) resumem o lugar da argumentação no ensino da ciência em três objetivos:

- o conhecimento sobre a natureza da Ciência;
- o desenvolvimento da cidadania;
- o desenvolvimento de capacidades de pensamento de ordem superior.

Assim, indicam que há pelo menos cinco dimensões interligadas ou contribuições potenciais da introdução da argumentação nas aulas de ciência:

- 1) Apoiar o acesso aos processos cognitivos e metacognitivos que caracterizam o desempenho, possibilitando a modelagem para os alunos. Essa dimensão nasce a partir da perspectiva da cognição situada e da consideração das salas de aula como comunidades de aprendizes (BROWN e CAMPIONE, 1990; COLLINS et al, 1989, *apud* JIMENEZ-ALEIXANDRE et al, 2002).
- 2) Apoiar o desenvolvimento de competências comunicativas e, particularmente, o pensamento crítico. Esta dimensão extrai a teoria da ação comunicativa e da perspectiva sociocultural (HABERMAS, 1981; WERTSCH, 1991, *apud* JIMENEZ-ALEIXANDRE et al, 2002).
- 3) Apoiar a alfabetização científica e capacitação de estudantes para falar e para escrever as línguas da Ciência. Esta dimensão baseia-se em estudos da linguagem e da semiótica social (KRESS e COL, 2001; NORRIS e PHILLIPS, 2003; YORE et al, 2003, *apud* JIMENEZ-ALEIXANDRE et al, 2002).
- 4) Apoiar a enculturação nas práticas de cultura científica e no desenvolvimento de critérios epistêmicos para a avaliação do conhecimento. Esta dimensão baseia-se em estudos científicos, particularmente a partir da epistemologia da Ciência (LEACH et al, 2003; SANDOVAL, 2005, *apud* JIMENEZ-ALEIXANDRE et al, 2002).
- 5) Apoiar o desenvolvimento do raciocínio, em particular a escolha das teorias ou posições baseadas em critérios racionais. Esta dimensão apóia-se em filosofia da Ciência, com base em Giere (1988); Siegel (1989, 1995 e 2006), bem como na psicologia do desenvolvimento de Kuhn (1991 e 1993), todos encontrados na obra de Jimenez-Aleixandre et al, 2002.

Segundo Jimenez-Aleixandre et al (2002), as contribuições expostas acima influenciam-se mutuamente. Ao qualificar essas contribuições como potenciais, as autoras indicam que isso não implica que os resultados serão garantidos com a introdução da argumentação em sala de aula. As autoras reconhecem que a execução destas dimensões na aula de Ciências requer uma resposta coordenada, complexa e que ocorra com um conjunto sistemático de estratégias pedagógicas, curriculares e iniciativas de avaliação, entre outros. O quadro 1 resume as dimensões e as perspectivas ou corpos de conhecimento e enquadramento das dimensões.

Potenciais contribuições da argumentação	Partindo de
Modelar e tornar públicos processos cognitivos	Cognição situada; comunidade de alunos
Desenvolvimento de competências comunicativas e pensamento crítico	Teoria da ação comunicativa; perspectiva sociocultural
Alcançar alfabetização científica; escrever e falar Ciências	Estudo de linguagem; semiótica social
Enculturação na Ciência; desenvolvimento de critério epistêmico	Estudos de Ciências; Epistemologia
Desenvolvimento de raciocínios e critérios	Filosofia e psicologia do desenvolvimento

**Quadro 1. Contribuições da argumentação e perspectivas, Jimenez-Aleixandre et al (p.38, 2002).**

Jimenez-Aleixandre et al (2002), em seu livro, montam um panorama de discussões envolvendo metodologias de ensino que por si só não são eficientes na atual situação do ensino. Para dar conta do Ensino de Ciências de uma maneira mais completa, as autoras afirmam que deve-se levar em conta a linguagem da sala de aula, assim como elaborar atividades que a propiciem. Também levantam algumas questões sobre as estratégias utilizadas antigamente para inserir o uso da argumentação e sua importância no Ensino de Ciências.

Perspectivas construtivistas vêem a aprendizagem como um processo de construção do conhecimento. Uma parte das pesquisas construtivistas que apóiam essa alegação foi proposta por Collins et al (1989, *apud* JIMENEZ-ALEIXANDRE et al, 2002), que organizou o ensino como aprendizagem

cognitiva, no qual o conhecimento e as habilidades de aprendizagem são integrados no contexto da vida social e funcional.

Essa proposta está relacionada com a noção de Lave e Wenger (1991, *apud* JIMENEZ-ALEIXANDRE et al, 2002) sobre a aprendizagem situada, que concebe a aprendizagem como o aumento da participação em uma comunidade. A aprendizagem cognitiva procura relacionar esses conhecimentos e habilidades com a sua utilização no mundo real. Como Collins (1989, *apud* JIMENEZ-ALEIXANDRE et al, 2002) e seus colegas apontam, as práticas pedagógicas correntes tornam invisíveis os principais aspectos da experiência, prestando pouca ou nenhuma atenção aos processos através dos quais especialistas adquirem ou utilizam o conhecimento durante a execução de tarefas complexas ou reais como, por exemplo, os processos de ordem superior. Assim, aplicar a noção de aprendizagem para as habilidades que são de natureza cognitiva requer a internalização de processos externos.

No entanto, no atual contexto educativo, nem o professor nem os alunos têm acesso aos processos cognitivos de cada um, tornando, assim, impossível a observação ou modelagem desses processos. Por isso, pode-se notar que os processos cognitivos são levados a público através da linguagem e que a linguagem natural pode ser uma ferramenta e um obstáculo para a construção do conhecimento científico.

Brown e Palincsar (1989, *apud* JIMENEZ-ALEIXANDRE et al, 2002) baseiam a sua proposta de aprendizagem cooperativa guiada na noção de Vygotsky (1978) sobre a gênese social da compreensão do indivíduo na estrutura da argumentação de Toulmin (1958). Esses autores apontam o papel da colaboração no fornecimento de modelos de processos cognitivos como as estratégias de pensamento são realizadas em público, modelando o que antes era realizado privadamente.

A argumentação, no contexto das salas de aula onde os alunos são participantes de uma comunidade de aprendizes pode, assim, apoiar o desenvolvimento de processos cognitivos de ordem superior, dado que o raciocínio torna-se público e espera-se que os estudantes explicitem suas afirmações com evidências e avaliem as opções ou explicações alternativas (BROWN e CAMPIONE, 1990; MASON, 1996, *apud* JIMENEZ-ALEIXANDRE et al, 2002).

Tanto a Teoria Crítica e as perspectivas socioculturais visualizam processos educacionais e mentais em relação aos seus contextos sociais e históricos. A Teoria Crítica, concebida na Escola de Frankfurt, pode ser descrita como uma reflexão sobre os relacionamentos entre os objetivos sociais, meios e valores.

Para a Teoria Crítica, o objetivo do progresso técnico não pode ser colocado mais alto do que a democracia e, para a educação, é atribuído um papel central na transformação social. Para Carr e Kemmis (1986, *apud* JIMENEZ-ALEIXANDRE et al, 2002), a racionalidade crítica contrasta com a racionalidade técnica, sendo esta uma perspectiva que vê todos os problemas como questões técnicas, privando as pessoas da capacidade de controlar o mundo ao seu redor, com a conseqüência da diminuição das capacidades de reflexão e de modificação de situações por meio de ação.

Para Habermas (1981), a Teoria Crítica é uma forma de conhecimento auto-reflexiva que expande o alcance da autonomia, reduzindo, assim, a dominação. Em sua Teoria da Ação Comunicativa, Habermas distingue quatro tipos de ações sociais:

- (a) teleológico, ou objetivo orientado;
- (b) as normas regulamentadas;
- (c) dramaturgical, ou uma *performance* em frente de uma platéia constituída pelos participantes na interação;
- (d) comunicativa, orientada para a compreensão um do outro, a fim de coordenar as ações planejadas.

Competências lingüísticas e de comunicação desempenham um papel central na ação comunicativa: as pessoas refletem sobre si e sobre o mundo, e compartilham estas explicações com os outros. A teoria da ação comunicativa dá às pessoas a preeminência sobre as estruturas, atribuindo-lhes a potencialidade para desenvolver ações voltadas para mudança social. Como observa Kelly (2005), nas ações sociais propostas por Habermas (1981), as mudanças individuais para uma razão social, enquanto sujeito epistêmico, são centradas na ação comunicativa e as normas para o argumento são compartilhadas.

As perspectivas dos teóricos críticos contribuem para uma visão de salas de aula como lugares para a comunicação. O reconhecimento da importância da comunicação, da relevância da linguagem na construção do conhecimento, apontado por Vygotsky (1978), contribui para novas linhas de atuação no Ensino de Ciências sobre o papel da linguagem na aprendizagem das Ciências como, por exemplo, na construção de significados (MORTIMER e SCOTT, 2003)

Dada a procedência teórica do papel da comunicação na educação, é essencial voltar um olhar atento para o desenvolvimento de competências comunicacionais dos alunos, a fim de formar cidadãos que possuam capacidades comunicativas críticas e engajamento social.

Segundo Jimenez-Aleixandre et al (2002), a necessidade de promover o pensamento crítico tem sido defendida a partir de diferentes posições filosóficas e psicológicas. De uma perspectiva filosófica, Ennis (1992, *apud* JIMENEZ-ALEIXANDRE et al, 2002), define o pensamento crítico como o pensamento reflexivo razoável focado na decisão do que acreditar ou não, e fornece um conjunto de critérios para avaliá-lo.

Para Siegel (1992, *apud* JIMENEZ-ALEIXANDRE et al, 2002), um pensador crítico refere-se a um ideal de educação. O autor também enfatiza a lógica para o componente de avaliação do pensamento crítico e a disposição dos pensadores críticos para buscar evidências para suas crenças. Entendida como a busca de evidências, o pensamento crítico estaria intimamente relacionado ao desenvolvimento de critérios racionais, uma posição sustentada por alguns psicólogos cognitivos como Kuhn, que explica o desenvolvimento do raciocínio científico como a coordenação entre a teoria e evidências.

Segundo Jimenez-Aleixandre et al (2002), apesar de o pensamento crítico, a partir da perspectiva da teoria crítica, contrastar teorias e crenças com as evidências, ele também tem uma componente ligada à questão da emancipação. Além disso, o pensamento crítico, a partir desta perspectiva, está relacionado com o desenvolvimento da capacidade de criticar discursos que contribuem para a reprodução das relações assimétricas de poder (FAIRCLOUGH, 1995 *apud* JIMENEZ-ALEIXANDRE et al, 2002) ou, como aponta Freire (1970, *apud* JIMENEZ-ALEIXANDRE et al, 2002), para capacitar os alunos a compreender a sociedade em torno deles e sua própria capacidade

de transformá-la. Assim, professores devem criar ambientes em que os alunos participem de argumentação sobre questões sócio-científicas objetivando o desenvolvimento do pensamento crítico.

Para Jimenez-Aleixandre et al (2002), tal pensamento crítico está relacionado com o desenvolvimento da cidadania, de educar os cidadãos, que são os pensadores críticos, não apenas com a comprovação de um fato, mas também de uma capacitação para a racionalidade crítica, a capacidade de refletir sobre e influenciar as questões sociais de relevância para suas vidas. O pensamento crítico pode ainda ser enquadrado em relação ao ceticismo científico como uma ferramenta para enfrentar a pseudociência e a credulidade (TIBERGHEN, 2002, *apud* JIMENEZ-ALEIXANDRE et al, 2002).

Segundo Jimenez-Aleixandre et al (2002), o recente foco sobre o papel da língua falada e escrita no aprendizado da Ciência visa corrigir uma ênfase excessiva nas aulas que parecem seguir receitas, como as experiências empíricas (laboratório) e hábitos matemáticos (fórmulas), componentes do conhecimento científico em sala de aula. Essa mudança de foco não pode ser vista como um retorno à aprendizagem pela memorização ou a utilização de livros didáticos como recursos únicos, na medida em que o conhecimento está enraizado na noção do uso de interpretação da linguagem e no reconhecimento da importância da construção de significado (MORTIMER e SCOTT, 2003).

Norris e Phillips (2003) defendem a centralidade da leitura (interpretado como inferir o significado de texto) e escrita na aprendizagem de Ciências. Em uma via similar, Yore et al (2003) chamam a atenção a componentes de alfabetização científica, tais como, por exemplo, a leitura crítica de diferentes fontes, ou a participação em debates e argumentações entre outros modos de comunicação e recursos de comunicação em sala de aula de Ciências (KRESS et al, 2001, *apud* JIMENEZ-ALEIXANDRE et al, 2002).

Lemke (1990) chamou a atenção para a importância de “falar ciência” discutindo a necessidade de promover os diálogos verdadeiros nos alunos ou “falar ciência”, como uma forma de aprender a linguagem da ciência. A abordagem de Lemke, baseada na obra de Mikhail Bakhtin (1986), que concebeu a comunicação como um fenômeno social, considera que tanto a fala como a escrita científica são práticas sociais. O foco no discurso em sala

significa uma exploração das características de textos que possuam retórica significativa.

Segundo Jiménez-Aleixandre et al (2002), os textos podem ser vistos como parte dos processos sociais envolvidos na produção do conhecimento científico e das negociações sobre o lugar e o valor de um crédito na estrutura do conhecimento científico, uma vez que escrever fatos da Ciência não pode ser visto como referência, mas como construção do conhecimento científico. Pelo engajamento na argumentação, os alunos aprendem a falar e escrever Ciência incluindo os recursos retóricos, tais como persuasão na argumentação (KELLY e BAZERMAN, 2003; MARTINS et al, 2001, *apud* JIMENEZ-ALEIXANDRE et al, 2002).

Em seu livro, Jiménez-Aleixandre et al (2002) resumem essas ideias dizendo que o critério epistêmico desenvolvido para escolher entre teorias ou posições são critérios racionais e seu desenvolvimento pode ser suportado pela argumentação. As autoras constroem um mapa conceitual que procura mostrar algumas potencialidades do uso da argumentação em salas de aula.

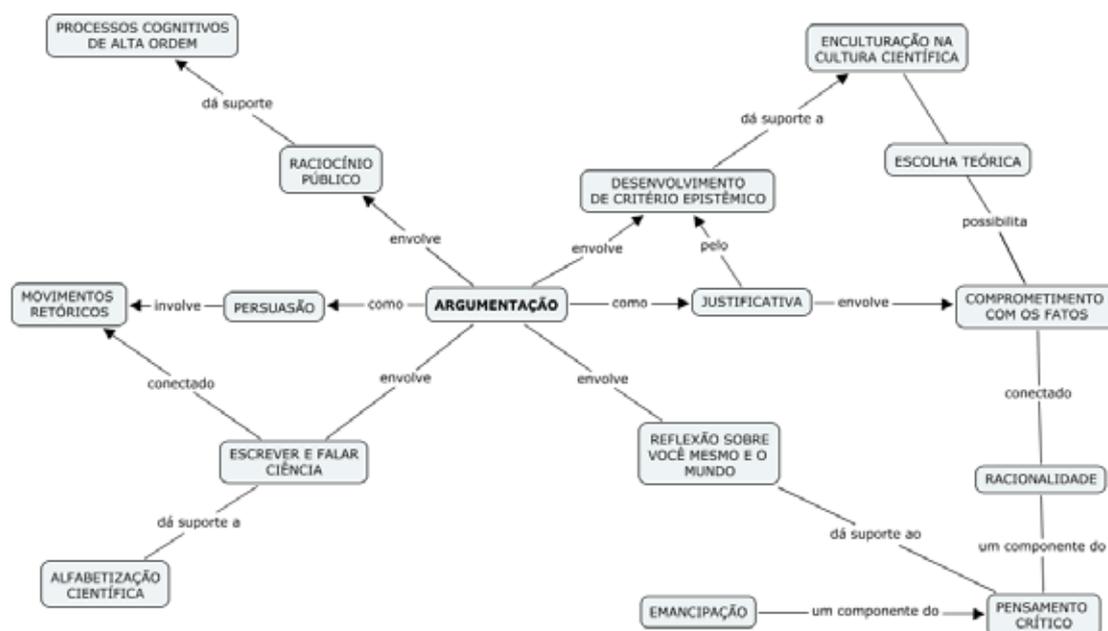


Figura 1 Potenciais contribuições da argumentação Jimenez-Aleixandre et al (2002, p.48).

Segundo Jimenez-Aleixandre et al (2002), a educação científica é convencionalmente vista como apresentando objetivos de dois tipos, o que pode ser resumido como "ciência para todos" e "ciência para os futuros

cientistas", e a posição dos autores apresentados por elas é que a argumentação pode contribuir para os dois lados, principalmente no desenvolvimento de processos cognitivos de ordem superior, enculturação nas práticas científicas e da compreensão epistemológica.

Driver et al (2000) fazem uma crítica a análise de Toulmin (1958), que vem sendo muito utilizada em pesquisas que envolvem a argumentação no Ensino de Ciências. Para os autores, ela é limitada, pois, embora possa ser usada para avaliar a estrutura de argumentos, não leva a decisões sobre a sua correção. Como Toulmin afirmou, é necessário que, se julgamentos deste tipo devem ser feitos, o conhecimento seja incorporado para que os argumentos sejam avaliados.

Para Driver et al (2000), o esquema de Toulmin (1958) apresenta a argumentação de uma forma descontextualizada. Nenhum reconhecimento é dado aos aspectos interacionais do argumento como um evento de fala, ou é um fenômeno de discurso que é influenciado pelos contextos lingüísticos e situacionais em que o argumento específico é incorporado. Ao analisar os argumentos reais, é necessário ter em conta estes fatores e, portanto, uma interpretação do texto é necessária. Isto se deve ao fato de que:

- a) a mesma afirmação pode ter um significado diferente em um contexto diferente, portanto, o contexto precisa ser levado em conta no sentido de inferir;
- b) as partes da argumentação como as justificativas são, muitas vezes, explícitas no discurso, mas são implícitas;
- c) numa compreensão natural dos pontos de conversa, não são, necessariamente, desenvolvidos seqüencialmente e referências devem ser feitas em parágrafos do texto para identificar as características do argumento;
- d) nem todos os pontos de vista são feitos por meio da fala, alguns são feitos através de gestos, apontando para os objetos, balançando a cabeça, etc., especialmente na Ciência, em que são utilizados materiais manipuláveis. Além disso, ilustrações e gráficos não são complementares, mas uma característica central de comunicação de textos.

As relações sociais dentro do grupo a desenvolver um argumento também precisam ser levadas em consideração. Por exemplo, eles estão contribuindo para a co-construção de um único argumento? Eles estão desenvolvendo as suas linhas distintas de raciocínio? Como os papéis assumidos dos diferentes membros do grupo influenciam no progresso do argumento e os progressos realizados pelo grupo?

Como resultado de muitos estudos da aprendizagem em grupo, reconhece-se, agora, que o entendimento em tais situações é um produto de ambos os fatores cognitivos e sociais (ALEXOPOULOU e DRIVER, 1997; RICHMOND e SHRILEY, 1996 *apud* DRIVER et al, 2000) e, a fim de interpretar os produtos da discussão em grupo, estas duas dimensões precisam ser tomadas em consideração na análise da argumentação.

Uma série de novas abordagens à teoria da argumentação tem sido desenvolvidas. Em alguns casos, em que a posição teórica é puramente descritiva, uma abordagem analítica é suficiente para dar conta de como o argumento é praticado.

Outras posições tentam desenvolver normas, critérios e procedimentos para análise, avaliação e construção de argumentos. Por exemplo, Blair e Johnson (1987, *apud* JIMENEZ-ALEIXANDRE et al, 2002), identificaram três critérios que as premissas de um argumento devem satisfazer:

- "relevância" (existe uma relação adequada entre o conteúdo das premissas e a conclusão?);
- "suficiência" (se a premissa fornece evidências suficientes para a conclusão?);
- "aceitabilidade" (são as premissas verdadeiras, prováveis ou confiáveis?).

Kuhn (1993, *apud* DRIVER et al, 2000), em sua investigação sobre os argumentos utilizados por jovens e adultos sobre questões sociais, usou um quadro de discussão dialógica, que inclui: descrever e justificar as teorias, sendo capaz de apresentar teorias alternativas, de apresentar contra-argumentos e de fornecer refutações.

Em contrapartida, Cerbin (1994, *apud* DRIVER et al, 2000) optou por enfatizar as habilidades de reconhecer, compor e avaliar argumentos. Suas propostas são baseadas na análise de Toulmin (1958) sobre os componentes de um argumento (a conclusão, os motivos para a conclusão, justificativas, conhecimento de apoio, um qualificador e contraprova). Além disso, o autor apontou que uma pessoa que é hábil na argumentação informal possui a capacidade de identificar esses componentes e avaliá-los. Qualquer avaliação do argumento deve concentrar-se nos seguintes aspectos:

- (a) clareza da afirmação;
- (b) pertinência e suficiência dos fundamentos;
- (c) relevância da justificativa;
- (d) se as exceções foram tidas em conta na elaboração de conclusões e se contra-argumentos foram apresentados.

Todos os desenvolvimentos recentes na teoria da argumentação indicam que o argumento é socialmente situado. Assim, qualquer programa educativo destinado a reforçar os processos de argumentação vai exigir não só os modelos cognitivos do argumento, mas também vai precisar de uma compreensão do contexto social e cultural em que o argumento é realizado. Na educação, por isso, é necessário prestar atenção não só para as maneiras pelas quais os alunos compreendem o processo de argumentação, mas também nas habilidades sociais necessárias para a realização da argumentação em grupos.

Em resumo, Driver et al (2000) alegam que a teoria da argumentação pode fornecer uma base teórica para o desenvolvimento de ferramentas para analisar e melhorar o discurso argumentativo seja na fala ou na escrita. Pois, para que se possam alcançar os objetivos educacionais, é importante que existam formas de análise e avaliação tanto na escrita como na fala de argumentos. Tais ferramentas teóricas são necessárias para:

- a) informar intervenções educativas destinadas a melhorar a qualidade da argumentação;

- b) informar os professores sobre o que procurar e como guia de argumentos de seus alunos;
- c) ajudar os alunos a tomar consciência da natureza e da estrutura de argumentos;
- d) informar a validação dos argumentos dos alunos, a fim de monitorar seu progresso.

Driver et al (2000), em seu artigo *“Establishing the Norms of Scientific Argumentation in Classrooms”*, trazem alguns aspectos importantes no que diz respeito a argumentação em salas de Ciências. Primeiro, é evidente que as práticas atuais de sala de aula dão pouca oportunidade para os jovens desenvolverem sua capacidade de construir argumentos e que os argumentos dos jovens que já passaram pela formação inicial não apresentam sucesso, fatos que enxergamos como um reflexo do ambiente de sala de aula normal na falta de oportunidades para a prática.

Os autores apontam ainda que estudos mostram que as habilidades de argumentação podem ser reforçadas, pois a prática, por si só, tem sido utilizada para promover a argumentação, embora esteja claro que tal prática deve ser bastante substancial para que algum ganho ocorra. Assim, os estudos de intervenção destinados a apoiar os alunos na realização de argumentos produziram resultados encorajadores.

Além disso, de acordo com Driver et al (2000), parece que os alunos não só precisam desenvolver uma consciência da natureza e da estrutura de argumentos, mas seu desempenho é adicionalmente melhorado se forem capazes de controlar o seu envolvimento em atividades de grupo.

Segundo Driver et al (2000), a principal barreira para o desenvolvimento de competências argumentativas dos jovens em aulas de Ciências é a falta de oportunidade oferecida por essas atividades no âmbito das atuais práticas pedagógicas. Se os alunos tiverem mais oportunidades para desenvolver estas habilidades, então, isso irá requerer uma mudança radical na forma como as aulas de Ciências são estruturadas e conduzidas. Assim, novas formas terão que ser encontradas para organizar aulas em que os próprios alunos participem da aula ativamente elaborando seus pensamentos a fim de resolver

questões e desenvolvendo seus próprios argumentos. Em outras palavras, os estudantes precisam ter mais voz nas aulas.

Os autores afirmam ainda que a argumentação tem um papel central a desempenhar na Ciência e na aprendizagem sobre a Ciência. A sua omissão atual é um problema que precisa ser seriamente considerado. Se a utilização da argumentação pode ser a mudança da atual situação do ensino, parece crucial que qualquer intervenção deva prestar atenção não apenas às formas de melhorar as habilidades de argumentação dos jovens, mas também para ampliar o conhecimento dos professores, assim como melhorar a sensibilização e a competência na gestão da participação dos alunos na discussão.

Driver et al (2000) finalizam dizendo que, para o bem ou para o mal, a Ciência e a tecnologia têm ascendido para uma posição de dominância cultural e o estudo do papel da argumentação na Ciência oferece um meio curioso para abrir a “caixa preta” que é a Ciência. Tal esforço parece aconselhável, tanto para a Ciência e sua relação com o público, e ao público e sua relação com a Ciência.

Por outro lado, para Osborne et al (2004), é importante educarmos nossos alunos indicando os porquês da visão científica, e esse enfoque requer mostrar:

- a) como a evidência é usada na construção de explicações e como os argumentos formam as ligações entre os dados e as teorias construídas;
- b) o desenvolvimento de uma compreensão dos critérios utilizados na Ciência para avaliar as provas e construir explicações.

Os autores destacam que a linguagem não é um mero adjunto, mas um elemento essencial da Ciência e que a construção do argumento, e sua avaliação crítica, é uma atividade central do discurso científico. Osborne et al (2004) também apontam que a argumentação (coordenação de evidência e teoria para apoiar ou refutar uma conclusão explicativa, modelo, ou previsão) é

uma tarefa epistêmica extremamente importante no processo discursivo da Ciência.

Situando a argumentação como um elemento central na aprendizagem das Ciências, tem-se duas funções: uma é como uma heurística para envolver os alunos na coordenação de metas conceituais e epistêmicas; e a outra é fazer o raciocínio e pensamento científico se tornarem visíveis para permitir a avaliação formativa dos professores.

De acordo com Osborne et al ( 2004), uma tarefa importante para a educação científica é expor o núcleo epistêmico da Ciência: o uso do argumento para a construção de explicações sobre o mundo material e desenvolver habilidade da criança para compreender e praticar formas válidas de argumentar cientificamente, permitindo-lhes reconhecer não apenas os pontos fortes do argumento científico, mas também suas limitações.

Segundo Osborne et al ( 2004), a introdução da argumentação requer uma mudança na natureza normativa do discurso da sala de aula. No entanto, tal mudança exige que os professores de Ciências estejam convencidos de que a argumentação é um componente essencial da aprendizagem da ciência. Além disso, a argumentação exige uma gama de estratégias pedagógicas que irá tanto iniciar como apoiar a argumentação se os professores adotarem e a integrarem na sala de aula.

Toulmin (2001), em seu livro *“Os usos do argumento”*, discute a composição de um argumento e constrói uma proposta de análise. Esse referencial é muito utilizado nas pesquisas que visam analisar os argumentos de alunos em aulas de Ciências.

Segundo o autor, podemos produzir argumentos de vários tipos e, com essa afirmação, surge a questão que o próprio autor levanta: até que ponto argumentos diferentes podem ser avaliados pelo mesmo procedimento, usando-se para todos o mesmo tipo de termos e aplicando-se a todos o mesmo padrão? Na busca de responder a esta questão, o autor, primeiramente, afirma que certas semelhanças básicas de modelo e procedimento podem ser reconhecidas entre argumentos em geral e que a ordem da justificação de uma conclusão revela uma série de estágios distintos, tendo início com a apresentação de um problema ou uma pergunta clara.

Para caracterizar esses estágios da argumentação, Toulmin (2001) associa-os a “termos modais”, como “possível”, “possibilidade”, “necessário”, “se isso fosse possível, então”, que, durante uma argumentação, se encontram no centro do quadro (figura 2), definindo o grau de força ou persuasão do argumento.

O foco da nossa pesquisa será no que o autor denominou de “o layout de argumentos” para, depois, abordarmos algumas características apontadas por Toulmin (2001) acerca da diferenciação dos argumentos, ou seja, se apresentam “garantias” e se são “formalmente válidos”. Como estamos preocupados em construir conhecimento, este tem que ser bem fundamentado, por isso, não é qualquer tipo de argumento que pode ser utilizado para auxiliar esta construção. Essas garantias devem estar baseadas em dados experimentais, teóricos ou históricos.

Em seu estudo sobre os argumentos, Toulmin (2001) formula algumas questões acerca do “layout de argumentos”, como: que características devem ter um layout logicamente imparcial dos argumentos?; como devemos expor argumentos se quisermos mostrar as fontes de sua validade? ou, ainda, em que sentido a aceitabilidade ou inaceitabilidade dos argumentos depende de seus defeitos ou méritos formais?

Respondendo a essas perguntas, Toulmin (2001) faz distinções entre os fundamentos para a alegação que procuramos estabelecer e os dados. Por exemplo, em um primeiro caso, em que se espera o acréscimo de informações factuais, um dos caminhos para construir um argumento seria apresentar os dados ou a informação em que se baseia a alegação.

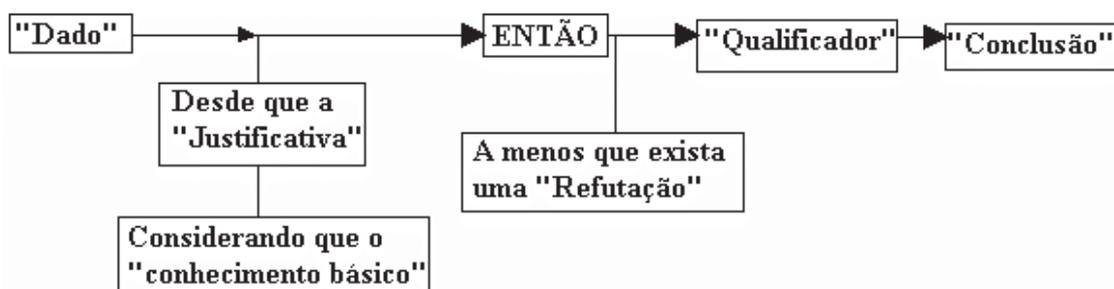
Mas, em outro caso, em que se busca desafiar a conclusão por meio da indicação das relações entre ela e os dados já apresentados, a pergunta deveria ser formulada da seguinte maneira: “como você chegou até ai?”. Para responder a esse tipo de pergunta, a apresentação dos dados é insuficiente, uma vez que esses podem servir como base para novas perguntas relacionadas a essas mesmas dúvidas.

Para Toulmin (2001), no geral, esse processo é escrito de forma resumida na expressão: “se D, então C”, podendo ser expandida e reescrita na forma: “dados do tipo D nos dão o direito de tirar as conclusões C (ou de fazer as alegações C)”.

Assim, nesse caso, devemos apresentar proposições que não tenham como função reforçar as bases sobre as quais construímos nosso argumento; em vez disso, precisa-se de afirmações gerais hipotéticas que sirvam como pontes capazes de estabelecer uma ligação entre os argumentos específicos e sua respectiva conclusão.

Toulmin (2001) distingue e denomina essas proposições como sendo garantias que têm como função estabelecer as relações existentes entre os dados obtidos e as conclusões extraídas. O autor elucida que a estrutura ou o esqueleto do modelo pode oferecer diferentes graus de “força” às conclusões que justificam, ou seja, se buscamos conferir o advérbio “necessariamente” ou “presumivelmente” no processo, para isso, pode ser preciso que seja acrescentado “um qualificador”.

Se tivermos de levar em consideração essas características de nosso argumento, o modelo terá de ser mais complexo, ou seja, por exemplo, apresentar a seguinte estrutura constituída pelos principais elementos: “o dado”; “a conclusão” e a “justificativa”, em que a estrutura básica, para se apresentar um argumento, é: “a partir de um dado (D)”, “desde que a justificativa, ou garantia (W)”, “então, se chega à conclusão (C)”. No caso de um argumento completo, podemos acrescentar os qualificadores modais (Q) e condições de exceção ou refutação (R), indicando assim, um “peso” de plausibilidade para determinada justificativa para dar suporte à conclusão. Assim, os qualificadores e as refutações dão os limites de atuação de uma determinada justificativa, complementando a ‘ponte’ entre dado e conclusão.



**Figura 2.** Padrão de Argumento completo proposto por Toulmin (2001, p. 146).

Essencialmente, o modelo de Toulmin (2001) especifica os elementos de fundamentação de dados para uma conclusão ou afirmação do conhecimento. Os principais componentes identificados pelo autor são:

- Dados: estes são os fatos que as partes envolvidas no argumento se apóiam para sua alegação.
- Conclusão: essa é a conclusão cujos méritos devem ser estabelecidos.
- Justificativas: estas são as razões (regras, princípios, etc.) que são propostas para justificar as conexões entre os dados e a alegação do conhecimento ou conclusão.
- Conhecimentos Básicos: estes são os pressupostos básicos, geralmente considerados como sendo de senso comum, que fornecem a justificação para os mandados de particular.

Com base neste modelo, a estrutura básica do argumento, representado nas sentenças pode ser representada desta maneira: porque (os dados)... desde (garantia)... em conta (de apoio)... portanto (conclusão).

Além disso, Toulmin (2001) identificou dois outros recursos mais complexos nos argumentos, que podem ser utilizados para classificar os argumentos em baixo nível e alto nível:

- Qualificação: especificam as condições em que o pedido pode ser tomado como verdade, eles representam limitações na conclusão.
- Refutações: especificam as condições em que a conclusão não será verdadeira.

Toulmin (2001) dedica-se também a explicar a “noção de validade formal” de um argumento e sua implicação na validade do mesmo. Para isso, o autor faz uso de um argumento para mostrar o processo das explicações científicas por meio da lógica dedutiva de raciocínio.

No exemplo, Toulmin (2001, p. 170) afirma que, algumas vezes, a validade de um argumento é conseqüência do fato das conclusões serem

simples reordenações ou “transformações formais” de suas premissas. O autor explica utilizando o modelo:

“Todos os A’s são B’s?  
X é um A;  
Todos os A’s são B’s;  
Logo, X é um B.”

Expandindo a premissa universal “Todos os A’s são B’s” desse argumento, com o acréscimo do termo modal “certamente”, obteremos:

“X é um A;  
Um A certamente é B;  
Assim, X é certamente B.”

Dessa forma, vê-se que partes da conclusão são partes das premissas; assim, pode-se dizer que esse argumento tem a “forma lógica” apropriada ou, ainda, que se trata de um argumento “formalmente válido”.

Um ponto importante apresentado por Toulmin (2001) é que, quando se faz uso de uma “garantia” correta, qualquer argumento pode ser apresentado na forma “dados; garantia; logo, conclusão”, tornando-o formalmente válido.

Esse processo em que se utiliza ou se estabelecem “garantias” é indicado, normalmente, pela palavra “dedutiva”:

(...) a família de palavras “deduzir”, “dedutivo” e “dedução” é aplicada em argumentos de muitos campos; a única exigência, aqui, é que os argumentos sejam do tipo “que usam garantias”, em que se aplicam garantias estabelecidas a dados novos para obter novas conclusões (TOULMIN, 2001, p.173).

Para ilustrar, apresentaremos um exemplo da obra de Toulmin (2001) de argumentos que podem ser classificados como “formalmente válidos” por apresentarem a forma D; W; logo C. Primeiramente, a alegação de que Harry é um súdito britânico e, na seqüência, a defesa da mesma recorrendo-se a algumas informações e possibilidades de maneira que o argumento assume a estrutura apresentada abaixo:

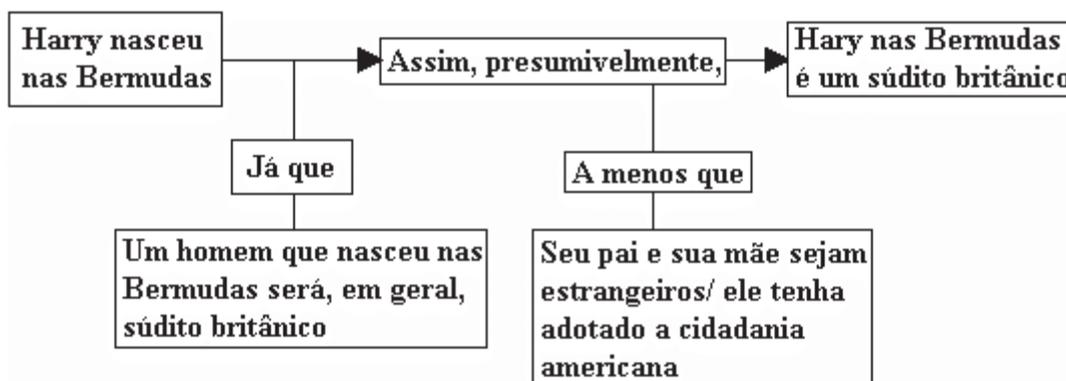


Figura 3. Exemplo de alegação proposta por Toulmin (2001, p. 146).

Segundo o autor, essa forma pode não ser a final, mas é suficientemente complexa. Tomemos como apoio a alegação (C) – Harry é súdito britânico – e apelamos para os dados (D) com a seguinte pergunta: “onde ele nasceu?”. No caso, nasceu nas Bermudas e, com a garantia de que “um homem que nasceu nas Bermudas, em geral, é um súdito britânico”. Como se trata de questões de nacionalidade, devemos considerar que essas estão sempre sujeitas a qualificações e, antes de concluirmos, precisamos verificar a refutação “a menos que seus pais sejam estrangeiros e Harry tenha adotado a cidadania americana” para, somente depois, formularmos a conclusão de que ele é um súdito Britânico.

Toulmin (2001) faz um estudo aprofundado de vários argumentos, em diversos campos, por meio do “layout dos argumentos”. Como pudemos observar, fica clara a busca do autor em mostrar que, apesar dessa enorme variedade, existem aspectos básicos semelhantes quanto ao modelo e procedimento dos argumentos justificatórios em geral.

Assim, nosso trabalho procura analisar a utilização de atividades investigativas como suporte para a argumentação de alunos e professores em aulas de Química. Dessa forma, procuraremos analisar as duas situações (argumentação e investigação) de maneira distintas e, posteriormente, em conjunto, devido à dificuldade na elaboração de atividades investigativas (BIANCHINI, 2008), já que professores devem estar habituados com essa proposta, que foge das atividades tradicionais, e também com as situações de argumentação, com as quais, mais uma vez, o professor deve estar ciente do seu papel em uma discussão com os alunos, a fim de proporcionar a

argumentação de seus alunos. As duas propostas exigem atenção dos professores e devem ser preparadas minuciosamente.

### 3. Forças Intermoleculares

A existência de uma área com características próprias, a área de Ensino de Ciências, produziu a criação de sub-áreas com características específicas das componentes do plano geral, chamada de Ciências (as Ciências naturais, Física, Química e Biologia).

Levando-se em consideração as características das pesquisas realizadas no Ensino de Ciências voltadas para as questões relativas à Química, podemos, então, vislumbrar a ocorrência de uma sub-área, a Pesquisa em Ensino de Química.

Em um levantamento bibliográfico de artigos e anais de eventos realizados, assim como entrevistas realizadas com pesquisadores da área, Schnetzler (2002) apresenta um histórico colocando os principais pontos referentes ao desenvolvimento da área de Pesquisa em Ensino de Química.

O ensino de Química percorre os mesmos caminhos trilhados pelo Ensino de Ciências (área mais geral). Inicialmente, a área era vista com caráter tecnicista, instrumental ou prático alicerçado em teorias e modelos especialmente da Psicologia.

Citando Cachapuz (2001), Schnetezler (2004, p.50) configura o percurso das pesquisas:

Nesse sentido, se na fase inicial (década de 60) da constituição da Didática das Ciências, campo no qual se inserem as pesquisas sobre ensino de Química, predominou a produção de projetos de ensino (CBA e CHEMS, no âmbito da Química), nos últimos 20 anos, os interesses de investigação foram dirigidos a temas muito mais diversos, dentre os quais destacam-se: identificação de concepções alternativas de alunos e proposição de modelos de ensino que as levem em consideração; resolução de problemas; ensino experimental; análise de materiais didáticos; relações Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) em processos de ensino aprendizagem; linguagem e comunicação em sala de aula; modelos e analogias; concepções epistemológicas de professores; propostas para uma formação docente mais adequada; questões curriculares e de avaliação; papel das novas tecnologias de comunicação (SCHNETEZLER, 2004, p.50).

Com o decorrer do tempo e a inserção de referenciais metodológicos característicos, as pesquisas tomam corpo e configuram uma nova área, com abordagem diferenciada. Segundo Schnetzler (2002, p.15):

Em outras palavras, a identidade dessa nova área de investigação é marcada pela especificidade do conhecimento científico, que está na raiz dos problemas de ensino e de aprendizagem investigados, implicando pesquisas sobre métodos didáticos mais adequados ao ensino daquele conhecimento e investigações sobre processos que melhor dêem conta de necessárias reelaborações conceituais ou transposições didáticas para o ensino daquele conhecimento em contextos escolares determinados. Isso significa que o Ensino de Ciências/Química implica a transformação do conhecimento científico/químico em conhecimento escolar, configurando a necessidade de criação de um novo campo de estudo e investigação, no qual questões centrais sobre o que, como e porque ensinar Ciências/Química constituem o cerne das pesquisas (SCHNETZLER, 2002, p.15).

No entanto, a área de ensino de Química tem características inerentes à esta ciência, ou seja, especificidades apresentadas pelo modo como a Química apresenta seus modelos e teorias. Mas, dadas as contribuições da pesquisa em Ensino de Ciências, essencialmente no caráter de construto humano que as Ciências passam a ter, esses conhecimentos não são suficientes para uma melhor abordagem dos conceitos. Nas palavras da autora:

Isto significa que o domínio do conhecimento químico é condição necessária para o propósito e desenvolvimento de pesquisas no ensino, mas não é suficiente, dada a complexidade de seu objeto, das interações humanas e sociais que o caracterizam. Por isso, precisamos recorrer a contribuições teóricas das várias Ciências Humanas, não se tratando de mera utilização ou aplicação das mesmas à área da educação Química (SCHNETZLER, 2002, pág. 50).

Schnetzler (2002) coloca seis marcos como importantes no desenvolvimento da área de pesquisa em ensino de Química: a constituição da Divisão de Ensino na Sociedade Brasileira de Química; os encontros nacionais e regionais de ensino de Química (destacando-se a realização do primeiro ENEQ); o estabelecimento de seções de educação nas reuniões anuais da SBQ e na Revista Química Nova; os projetos da Divisão de Ensino (destacando-se o REDED) e a fundação da QNEsc, assim como o aparecimento dos programas de pós-graduação em Ensino de Ciências, e suas teses e dissertações publicadas, e a publicação de livros específicos da área por pesquisadores consolidados.

Ainda que muitas conquistas tenham se realizado, as contribuições da pesquisa ainda não fazem parte da realidade das escolas. Entre os vários motivos, está a não introdução das pesquisas e de seus resultados no

processo de formação inicial de professores. A literatura demonstra que este paradigma exige que se instituem ações que minem os modelos racionalistas técnicos internamente, enfatizando-se ainda a criação de núcleos de pesquisa em educação Química dentro dos cursos já existentes, já que os conhecimentos pedagógicos dissociados de conteúdos de ensino não contribuem para uma adequada formação docente. Ainda assim, os conteúdos pedagógicos não devem ser restritos às disciplinas de Prática de Ensino, Didática ou Instrumentação; a questão epistemológica, histórica, social e cultural da Química deve permear toda a formação do químico.

Nesta etapa do trabalho, realizamos um breve levantamento de pesquisas realizadas no ensino de Química, com o tema ligações químicas, a fim de verificar as características de trabalhos que estudam as forças intermoleculares e suas contribuições para ao ensino deste tema.

Pereira (2010) utiliza as idéias de alguns autores (PETERSON, 1989; TABER, 1995), para identificar a existência de dificuldade por parte dos alunos na compreensão da relação entre forças intermoleculares e propriedades físicas. Segundo estes autores, os alunos confundem forças intramoleculares e forças intermoleculares, ou pensam que as forças intermoleculares são mais fortes do que as intramoleculares, e quais moléculas podem ou não formar ligações de hidrogênio (SCHMIDT, 2000).

Numa tentativa de definição sobre forças intermoleculares, Pereira (2010) diz:

Nesta perspectiva quando moléculas, átomos ou íons aproximam-se uns dos outros, eles podem reagir ou interagir entre si. Uma reação Química por definição requer que ligações Químicas sejam quebradas e/ou formadas. Já uma interação Química significa que as moléculas se atraem ou se repelem entre si, sem que ocorra a quebra ou formação de novas ligações Químicas. Estas interações são freqüentemente chamadas de interações não covalentes, intermoleculares ou ainda forças intermoleculares. Surgem devido a forças entre as moléculas, que são essencialmente de natureza elétrica, e fazem com que uma molécula influencie o comportamento de outra molécula em suas proximidades. Neste sentido, quanto maior for a força de atração, existente entre as moléculas, maior será a coesão. Tal fato é responsável pela diferentes propriedades físico-Químicas das substâncias, tal como, ponto de fusão, ponto de ebulição, miscibilidade, entre outros (PEREIRA, 2010. P.16-17).

Entendemos as forças intermoleculares como as forças de atração entre moléculas. O tipo de força de atração que ocorre entre moléculas depende de vários fatores, principalmente do tipo de ligação entre os átomos, da geometria da molécula e de sua polaridade. Usualmente, ensinamos três tipos de forças intermoleculares, dependendo da polaridade da molécula: Dipolo induzido, ocorre entre moléculas apolares e é a interação mais fraca, gerando baixa atração entre moléculas; Dipolo permanente, ocorre entre moléculas que possuem pólos positivos e negativos bem definidos, gerando alta atração entre moléculas; Pontes de hidrogênio, ocorrem em moléculas polares que possuem um átomo de hidrogênio ligado a átomos de flúor, oxigênio ou nitrogênio, gerando a força intermolecular mais forte para moléculas que realizam ligações covalentes.

O estado físico de uma substância e seu ponto de ebulição podem ser previstos pelo tipo de força intermolecular encontrado. Fazendo uma relação entre os tipos de ligação, temos a seguinte ordem crescente de forças: dipolo induzido, dipolo permanente, ligação de hidrogênio, ligação iônica e ligação metálica (ATKINS, 2002).

O ensino de forças intermoleculares auxilia na transposição dos conceitos microscópicos para entender propriedades macroscópicas. Conhecendo a estrutura da matéria, é possível prever características específicas de compostos, e a visualização de tal propriedade pode permitir a melhores compreensões químicas. No quadro 2, apresentamos exemplos de propriedades em relação ao tipo de força intermolecular.

<b>Composto/Molécula</b>	<b>Ligação</b>	<b>Polaridade</b>	<b>Força Intermolecular</b>	<b>Ponto de Ebulição °C (1atm)</b>
<b>Água, H<sub>2</sub>O</b>	Covalente	Polar	Ponte de hidrogênio	100
<b>Grafite, C</b>	Covalente	Apolar	Dipolo induzido	-----
<b>Diamante, C</b>	Covalente	Apolar	Dipolo induzido	-----
<b>Gás Carbônico, CO<sub>2</sub></b>	Covalente	Apolar	Dipolo induzido	- 57
<b>Ácido Cianídrico, HCN</b>	Covalente	Polar	Dipolo permanente	26
<b>Cloreto de sódio, NaCl</b>	Iônica	-----	-----	1465
<b>Ferro, Fe</b>	Metálica	-----	-----	3407

Quadro 2. Propriedades Químicas e físicas de compostos.

Quando o assunto é o ensino de Química, poucos são os trabalhos encontrados na literatura, diferente de outras disciplinas como Física e Biologia. Quando procuramos fazer uma pesquisa um pouco mais detalhada no assunto, buscando certa especificidade, o resultado é quase sempre o mesmo: poucos trabalhos são encontrados. Isso também pode ser percebido na busca por pesquisas com o tema de Forças Intermoleculares. Na maioria dos trabalhos encontrados sobre este tópico, o alvo da pesquisa gira em torno das ligações químicas, assunto intimamente ligado, porém, com diferenças bem definidas.

O tema em questão apresenta dificuldades já enxergadas pela comunidade científica e compartilhadas por professores. Segundo Fernandez e Marcondes (2006):

Para estudar as moléculas, os estudantes têm de ser capazes de realizar a passagem nada trivial que é a de observação para a formulação de modelos. Trabalhar com modelos é uma parte intrínseca do conhecimento químico e, sem o uso deles, a Química fica reduzida a uma mera descrição de propriedades macroscópicas e suas mudanças (FERNANDEZ e MARCONDES, 2006, p.20, v.24).

Alguns trabalhos que visaram a pesquisa no ensino de ligações químicas e apresentam potencial para discutir as forças intermoleculares são apresentados a seguir.

Machado e Barcellos (2004) realizaram um trabalho experimental com a tensão superficial utilizando os conceitos de forças intermoleculares em sua explicação. Neste trabalho, houve uma adaptação do método do peso da gota para calcular a tensão superficial de líquidos. O trabalho não possui características semelhantes ao apresentado aqui, pois visou a elaboração de uma prática que possa ser utilizada em laboratórios escolares a fim de estabelecer relações entre teoria e prática e discutir sua importância. Ao final do trabalho, os autores concluem que o ensaio utiliza experimentos para aproximar a teoria da prática e que tal atividade facilitou a discussão sobre o tema e sua utilização na indústria.

Um trabalho interessante é o realizado por Santos e Greca, em 2005, "Promovendo aprendizagem de conceitos e de representações pictóricas em Química com uma ferramenta de simulação computacional", em que sistemas computacionais foram usados para representar interações intermoleculares

com alunos de graduação de três diferentes cursos. No trabalho, as autoras abrem a discussão sobre ferramentas que possam auxiliar os alunos a compreender o mundo microscópico dos fenômenos da natureza.

Por apresentarem dificuldades nessa projeção, Santos e Greca (2005) sugerem a utilização de ferramentas computacionais que visam facilitar a visualização do interior da matéria através dos modelos propostos pela Ciência. A investigação consistiu em propor situações de interação em que os alunos deveriam montar modelos manuscritos para representar a interação entre certas moléculas e, depois, utilizar o software para comparar o seu modelo proposto com o do equipamento eletrônico. A pesquisa foi realizada com quarenta e cinco universitários que cursavam a disciplina Química Geral I. Nos resultados, as autoras discutem que apenas os alunos que já possuíam conceitos básicos sobre o tema puderam avançar e que a utilização do software não favoreceu a conceitualização de todos os alunos participantes. Uma dificuldade apontada pelas autoras é que os alunos demonstram não conseguir relacionar vários conceitos ao mesmo tempo, algo que na representação das forças intermoleculares é exigido.

Pereira (2010), em sua dissertação, apresenta os resultados de uma pesquisa qualitativa desenvolvida com alunos do Ensino Médio de Dourados, no estado de Mato Grosso do Sul, com o objetivo de propor uma seqüência didática teórico-experimental, potencialmente significativa, abordando o tema Interações Intermoleculares, visando contribuir para a melhoria do ensino de Química nas escolas do município. A seqüência didática foi desenvolvida com a participação de alunos do terceiro ano do Ensino Médio em uma escola da rede estadual de ensino e foi sustentada pelo referencial teórico de David Ausubel. Na pesquisa, foram utilizados experimentos sobre a determinação do teor de álcool na gasolina com a utilização de corantes extraídos das sementes de urucum, que apresenta diferente solubilidade em álcool e gasolina.

Um importante resultado obtido pelo autor refere-se às dificuldades encontradas na utilização do tema Forças Intermoleculares. Segundo o autor, o experimento da determinação da porcentagem de álcool na gasolina pode ser aplicado sem restrições. Porém, quando o mesmo foi feito com corante de urucum, a discussão dos conceitos foi ampliada, envolvendo propriedades físicas e químicas das substâncias orgânicas, gerando uma gama de conceitos

que precisam ser relacionados entre si. Sobre essa dificuldade, o autor conclui que,

no Ensino Médio, torna-se inviável trabalhar tantos conceitos (além dos já trabalhados), pois, na rede estadual de ensino de Mato Grosso do Sul, a carga horária destinada para o professor ministrar aulas de Química em cada série do Ensino Médio são somente duas aulas semanais (PEREIRA, 2010, p.91).

Mozzer e Justi (2010) realizam um trabalho com alunos que cursam o nono ano do Ensino Fundamental de uma escola particular em Belo Horizonte, e procuram estabelecer as relações e comparações entre os temas estruturas atômicas, ligações químicas e conceitos relacionados. Com base em trabalhos de Coll, utilizaram de analogias, pois consideram o tema ligações químicas muito complexo. Por meio de entrevistas, semi-estruturadas e qualitativas, baseadas no método clínico de Piaget, antes e pós-instrução, tentaram identificar as estruturas cognitivas dos alunos referentes aos conceitos abordados. No caso das ligações químicas, estiveram frente a um experimento que consistia em queimar uma fita de magnésio na presença de oxigênio proveniente do ar. Em relação ao estabelecimento de comparações, para tentar alcançar o entendimento dos alunos, as autoras finalizam o trabalho concluindo que:

mesmo que os conhecimentos nos quais os alunos se baseiam não estejam completamente formados e, muitas vezes, agreguem concepções errôneas, eles podem fornecer as bases para a construção de relações mais profundas, fundamentadas no conhecimento científico. Segundo Dagher, (1994) essa mudança pode ser útil não tanto pela substituição de uma idéia do aluno por outra, mas pelo processo de evolução das idéias iniciais até transformá-las em concepções aceitas cientificamente (MOZZER e JUSTI, 2010, p.11).

Vasconcelos (2007) realizou um estudo que visava descobrir quais eram as concepções sobre o tema ligações químicas apresentadas por candidatos que concorriam a uma vaga para o curso de Farmácia em uma universidade pública de Minas Gerais. Foi analisada uma questão sobre ligações químicas visando identificar os tipos de erros ou dificuldades que os candidatos encontraram nesse conteúdo e contexto. A questão envolvia a ligação iônica e suas características, assim como representações da ligação e suas propriedades. De forma geral, os resultados mostraram que os alunos não

possuíam domínio no assunto, pois não conseguiam estabelecer relações e criar explicações sobre a ocorrência da ligação e, por isso, não conseguiam associar as propriedades de compostos com as características das ligações.

Curi (2006) relatou um projeto extracurricular realizado em uma escola em São Paulo que possui como tema polímeros e forças intermoleculares. Esse projeto visava a aplicação de experimentos simples, utilizando materiais de baixo custo, que auxiliassem a discussão sobre forças intermoleculares. Os experimentos possuíam um caráter investigativo, pois eram iniciados com questões relacionadas a situações do cotidiano e possuíam os seguintes questionamentos: “porque o papel molha?”, “como funcionam os cristais de gel das plantas?”, “porque as fraldas descartáveis são mais eficientes?”. Após a realização dos experimentos, os alunos foram submetidos a uma questão de vestibular sobre o tema e os resultados foram satisfatórios. Segundo a autora, os alunos participaram ativamente das atividades e foi ressaltada a importância interdisciplinar no tema discutido.

A maioria dos trabalhos apresentados teve como objetivo identificar dificuldades encontradas pelos alunos no ensino de ligações e como a utilização de experimentos pode ser uma opção para auxiliar o ensino do tema. Os resultados das pesquisas indicam vantagens na utilização de estratégias diversificadas para trabalhar esse tema complexo, que exige a utilização de modelos para que os alunos possam construir uma representação da ligação existente.

## 4. Metodologia

Esta pesquisa, de cunho qualitativo, adota como metodologia o estudo de caso. Segundo Yin (1994), o estudo de caso é uma forma de se fazer pesquisa social empírica ao investigar-se um fenômeno atual dentro de seu contexto de vida-real, onde fronteiras entre o fenômeno e o contexto não são claramente definidas e na situação em que múltiplas fontes de evidências são usadas.

O estudo de caso envolve a análise intensiva de um número relativamente pequeno de situações e, às vezes, o número de casos estudados resume-se a um. É dada ênfase à completa descrição e ao entendimento do relacionamento dos fatores de cada situação, não importando os números envolvidos (BOYD e STASCH, 1985, *apud* CHAVES e COUTINHO, 2002).

O estudo intensivo de um caso permite a descoberta de relações que não seriam encontradas de outra forma, sendo as análises e inferências em estudo de casos feitas por analogias de situações, respondendo, principalmente, às questões “por que?” e “como?”.

Segundo Chaves e Coutinho (2002), a característica que melhor identifica e distingue esta abordagem metodológica é o fato de se tratar de um plano de investigação que envolve o estudo intensivo e detalhado de uma entidade bem definida: o “caso”.

Para os autores, quase tudo pode ser um “caso”: um indivíduo, um personagem, um pequeno grupo, uma organização, uma comunidade ou mesmo uma nação. Pode também ser uma decisão, uma política, um processo, um incidente ou acontecimento imprevisto. Numa tentativa de síntese, os autores citam o trabalho de Brewer e Hunter (1989, CHAVES E COUTINHO, 2002), que propuseram seis categorias de “caso” passíveis de serem estudados na investigação em Ciências Sociais e Humanas: indivíduos; atributos dos indivíduos; ações e interações; atos de comportamento; ambientes, incidentes e acontecimentos; e ainda coletividades. Como analisaremos discussões entre professores e aluno, no nosso caso, a categoria seria “ações e interações”.

Utilizando alguns estudos (YIN, 1994; PUNCH, 1998; GOMEZ, FLORES e JIMENEZ, 1996), sobre o estudo de casos, Chaves e Coutinho (2002)

indicam que o estudo de caso, tal como a expressão indica, examina-se o “caso” (ou um pequeno número de “casos”) em detalhe, em profundidade, no seu contexto natural, reconhecendo-se a sua complexidade e recorrendo-se, para isso, a todos os métodos que se revelem apropriados.

A finalidade da pesquisa é sempre holística (sistêmica, ampla, integrada), ou seja, visa preservar e compreender o “caso” no seu todo e na sua unicidade, razão porque vários autores preferem a expressão estratégia à metodologia de investigação: “o estudo de caso não é uma metodologia específica, mas uma forma de organizar dados preservando o caráter único do objeto social em estudo” (GOODE e HATT, 1952, *apud* CHAVES E COUTINHO, 2002).

Para Yin (1994), o estudo de caso pode ser conduzido para um dos três propósitos básicos: explorar, descrever ou ainda explicar.

Chaves e Coutinho (2002) discutem que vários autores, em vez de avançarem com propostas de uma definição unívoca, optam por apontar apenas idéias muito abrangentes:

- ...método que implica a recolha de dados sobre um caso ou casos, e a preparação de um relatório ou apresentação do mesmo (STENHOUSE, 1990, *apud* CHAVES e COUTINHO, 2002);
- o estudo de caso é a exploração de um “sistema limitado”, no tempo e em profundidade, através de uma recolha de dados profunda envolvendo fontes múltiplas de informação ricas no contexto (CRESWELL, 1994, *apud* CHAVES e COUTINHO, 2002);
- o estudo de caso é uma investigação empírica que investiga um fenómeno no seu ambiente natural, quando as fronteiras entre o fenómeno e o contexto não são bem definidas (...) em que múltiplas fontes de evidência são usadas (YIN, 1994, *apud* CHAVES e COUTINHO, 2002);
- é a estratégia de investigação mais adequada quando queremos saber o “como” e o “porquê” de acontecimentos atuais (contemporary) sobre os quais o investigador tem pouco ou nenhum controle (YIN, 1994, *apud* CHAVES e COUTINHO, p. 224, 2002).

Segundo Chaves e Coutinho (2002), destas várias propostas emergem as cinco características chave desta abordagem metodológica:

- O caso é “um sistema limitado” — logo, tem fronteiras “em termos de tempo, eventos ou processos” e que “nem sempre são claras e precisas” (CRESWELL, 1994): a primeira tarefa do investigador é, pois, definir as fronteiras do “seu” caso de forma clara e precisa;
- Segundo, é um caso sobre “algo”, que há que identificar para conferir foco e direção à investigação;

- Terceiro, tem de haver sempre a preocupação de preservar o carácter “único, específico, diferente, complexo do caso” (MERTENS, 1998); a palavra holístico é muitas vezes usada nesse sentido;
- Quarto, a investigação decorre em ambiente natural;
- Quinto, o investigador recorre a fontes múltiplas de dados e a métodos de recolha muito diversificados: observações diretas e indiretas, entrevistas, questionários, narrativas, registros em áudio e vídeo, diários, cartas, documentos, etc. (CHAVES e COUTINHO, 2002, p. 224).

Para os autores, o estudo de caso é uma investigação empírica (que se baseia no raciocínio indutivo), que depende fortemente do trabalho de campo, que não é experimental, mas que se baseia em fontes de dados múltiplas e variadas. Tem sempre forte carácter descritivo apoiando-se em “descrições compactas” do caso, o que não impede, todavia, que possam ter “um profundo alcance analítico, interrogando a situação, confrontando-a com outros casos já conhecidos ou com teorias existentes, ajudando a gerar novas teorias e novas questões para futura investigação” (PONTE, 1994, *apud* CHAVES e COUTINHO, 2002).

Esta pesquisa visou analisar as argumentações construídas por alunos do Ensino Médio e professores em formação mediante atividades investigativas. Foi elaborada em uma disciplina de Estágio Supervisionado em Ensino de Química II, em uma universidade pública da cidade de Bauru, interior de São Paulo. Nesta disciplina, os licenciandos são convidados a elaborar minicursos investigativos para serem apresentados em escolas públicas.

O minicurso elaborado foi baseado no Ensino por Investigação e foi discutido com os alunos na disciplina de estágio realizada anteriormente, no primeiro semestre de 2010. Os assuntos submetidos à proposta foram escolhidos pelos professores da rede pública, nas escolas onde os minicursos foram aplicados.

Esta etapa foi facilitada pela parceria estabelecida pela professora da disciplina e professores da rede pública, que cediam suas aulas em troca da escolha dos temas, selecionados por eles, com base no pouco conhecimento do assunto e na dificuldade de desenvolvê-lo com os alunos.

#### **4.1 Sujeitos de pesquisa**

Esta pesquisa foi desenvolvida com três diferentes grupos. O primeiro refere-se aos Licenciandos em Química de uma universidade pública da cidade de Bauru, interior de São Paulo, que elaboraram e aplicaram minicursos com características investigativas. Os outros dois grupos referem-se a duas salas de aula de escolas públicas da mesma cidade: uma sala da primeira série do Ensino Médio e outra da segunda série do Ensino Médio, onde os minicursos foram aplicados.

#### **4.1.1 Professores em formação**

O grupo de professores em formação cursava Licenciatura em Química em uma universidade pública da cidade de Bauru, interior de São Paulo. A sala era composta por vinte e cinco alunos que, em sua maioria, moravam em outras cidades. Com relação às perspectivas, parte majoritária não pretendia seguir a carreira de professor, ao invés disso, preferiam carreiras em indústrias ou trabalhar com pesquisas na área “dura”.

Essa turma estava cursando o último semestre do curso. A maioria dos alunos estava cursando apenas a disciplina em que as atividades foram elaboradas, Estágio Supervisionado em Ensino de Química II, e a monografia de conclusão de curso. Na proposta desse curso, a maioria das disciplinas pedagógicas é oferecida no final do curso.

A professora da disciplina trabalha com o Ensino por Investigação e, no semestre anterior, os alunos participaram de um projeto intitulado *“Inclusão Científica e universitária de alunos e professores da rede pública de ensino”*, em que parte do estágio a ser realizado pelos alunos se dá na realização deste projeto, que consiste na elaboração de minicursos investigativos por parte dos discentes, cuja aplicação é feita parte na universidade e parte nas escolas. No projeto, escolas públicas e particulares da cidade são convidadas a participar.

A escolha da sala para realizar a pesquisa se deve ao fato de que os alunos já estão familiarizados com a proposta investigativa desde a disciplina de Didática, que ocorre no oitavo período. Na elaboração dessa atividade, a sala foi dividida em grupos, conforme a demanda de assuntos propostos pelos professores da rede pública de ensino, que sugeriram assuntos que seriam

relevantes para a formação científica do aluno e que teriam pouco enfoque no currículo adotado pela escola.

Os grupos foram formados por critério de afinidade entre os discentes e continham entre quatro e seis participantes em cada grupo. O grupo escolhido para participar da pesquisa contava com cinco integrantes, sendo três professoras em formação e dois professores também em formação, além do pesquisador. Essa escolha foi favorecida devido ao histórico dos alunos participantes, pois três deles estavam engajados em outras atividades educacionais e pretendiam seguir a profissão de professor e não se opuseram em ter o pesquisador como integrante.

#### **4.1.2 Alunos da rede pública**

O contato com os alunos foi relativamente curto, durando apenas o tempo do minicurso. Nem o pesquisador e nem os futuros professores tiveram quaisquer contatos prévios com as escolas que participaram das atividades. O minicurso foi aplicado em duas escolas públicas da cidade no período noturno.

A escola A é uma das maiores da cidade e conta com aproximadamente 250 alunos de Ensino Médio no período noturno. Nessa escola, o minicurso foi ministrado para uma turma da segunda série do Ensino Médio, que tinha cerca de 45 alunos. A escola fica localizada num bairro antigo e tradicional da cidade, sendo habitado, na sua maior parte, pela classe social de baixa renda.

A escola B é menor que a A e conta com apenas uma sala de cada série do Ensino Médio, com cerca de 100 alunos. Nessa escola, o minicurso foi aplicado para a primeira série do Ensino Médio, composta por cerca de 35 alunos. O bairro onde a escola está inserida também é habitado majoritariamente pela classe de baixa renda.

### **4.2 Descrição do minicurso**

#### **4.2.1 Elaboração do minicurso**

O tema Forças Intermoleculares, a ser trabalhado com a proposta investigativa pelos membros do grupo, foi escolhido a partir de temas indicados pelos professores no contato com as escolas públicas que iriam nos receber. Para que as atividades propostas não interferissem nas atividades rotineiras da escola, os professores indicaram temas que julgavam importantes para o aprendizado em Química, que faziam parte do currículo de Química ou ainda que não seriam trabalhados com maior ênfase na proposta curricular utilizada na escola por falta de tempo.

A elaboração do minicurso durou cerca de três encontros presenciais, cerca de doze horas, ocorridos nas aulas da disciplina Estágio Supervisionado no Ensino de Química II, porém, os participantes do grupo criaram um espaço virtual, e-mail e bate-papo, para compartilharem informações e conversas sobre a elaboração da atividade. O plano de aula elaborado encontra-se no Anexo 1. O pesquisador, durante toda a elaboração e aplicação do minicurso, não tomou decisões, apenas contribuiu em algumas discussões, para não interferir na construção da atividade, pois ela seria objeto de análise.

O grupo possuía quatro integrantes da disciplina de Estágio Supervisionado II, além do pesquisador. Na elaboração, o primeiro passo foi a criação de uma discussão entre os integrantes sobre a investigação e sobre como construir um minicurso para que, de fato, a investigação dos alunos fosse contemplada. Um fator que auxiliou nesta etapa foi a participação dos integrantes numa disciplina anterior a esta, em que a docente era a mesma e a proposta investigativa foi apresentada e utilizada na elaboração de um outro minicurso.

A primeira preocupação do grupo foi elaborar uma situação problema. Todos tinham a consciência da importância do problema inicial para ocorrer o engajamento dos alunos na atividade. Um dos integrantes sugeriu a utilização do vídeo que possuía um lagarto correndo sobre a água, sem afundar. Ele conhecia o vídeo e tinha achado muito interessante. Todos do grupo aderiram à idéia, porém, encontramos o primeiro problema. Tratava-se de um vídeo, portanto, precisaríamos dos equipamentos necessários para a sua utilização. Esta situação foi rapidamente resolvida, pois o Departamento de Educação da universidade colocou à nossa disposição os equipamentos necessários ao trabalho.

Outra questão foi sugerida por outro dos integrantes do grupo: “Como as lagartixas conseguiram andar sobre as paredes e tetos sem cair?”. Esta pergunta seria apresentada com a utilização de imagens.

A segunda preocupação se voltou para o levantamento de conhecimentos necessários para responder aos questionamentos. Como não conhecíamos os alunos que iriam participar das atividades, resolvemos estruturar os conhecimentos prévios considerados necessários, formulados nos seguintes objetivos:

- Interpretar a ligação química em termos de atração e repulsão entre os elétrons e núcleos, diferenciando os tipos de ligações;
- Compreender as interações entre as substâncias, relacionando-as às propriedades das substâncias de maneira a ampliar o entendimento do mundo físico;
- Diferenciar os tipos de geometrias moleculares de acordo com as estruturas das substâncias;
- Reconhecer a polaridade das estruturas moleculares, relacionando a força eletronegativa dos átomos;
- Diferenciar os tipos de forças intermoleculares, discutindo a influência dessas forças na Temperatura de Ebulição;
- Discutir o conceito de solubilidade, assim com sua influência nas forças intermoleculares (trecho extraído do Plano de Aula, presente no anexo 1).

Esse conjunto de conceitos foi elaborado com a utilização de livros didáticos. Preparou-se uma apresentação em slides, utilizando imagens, sempre que possível, para facilitar a compreensão dos conceitos. A apresentação de slides foi pensada com a utilização do projetor, que já estaria à nossa disposição. Para o grupo, a apresentação dos conceitos iniciais também possuía o papel de subsidiar a elaboração das hipóteses

A elaboração do material para ser apresentado aos alunos com os assuntos iniciais foi realizada de maneira colaborativa por todos os integrantes. Essa etapa ocorreu fora do ambiente da universidade, com a utilização de salas de bate-papo virtual e conversas por e-mail. Nos momentos presenciais, foram privilegiadas discussões sobre a composição de estratégias para o desenvolvimento da atividade.

A terceira preocupação centrou-se no momento da elaboração das hipóteses pelos alunos. O pesquisador conversou com os demais participantes do grupo para esclarecê-los sobre sua pesquisa salientando a importância deste momento em específico. Decidiu-se por separar os alunos em grupo para

que, primeiro, eles discutissem entre si para elaborar suas hipóteses e registrá-las por escrito, e, na seqüência, apresentá-las para a sala.

Durante a apresentação das hipóteses, os professores iriam conduzir as discussões até chegarem o mais próximo possível do conceito desejado, tomando cuidados para favorecer a discussão sem dar as respostas corretas aos alunos, a fim de que eles chegassem às próprias conclusões, conforme proposto por Carvalho et al (1999). Para o final da discussão, os professores iriam sistematizar o conceito desejado, procurando evidenciar as hipóteses dos alunos e apresentar outros fenômenos que utilizam o mesmo conceito.

Um dos participantes propôs a utilização de um experimento e ficou responsável em fazer uma busca na literatura. Porém, os que foram encontrados, mostraram ser complexos, pois envolviam grande quantidade de conceitos, algo que seria de difícil compreensão no momento. Três experimentos foram trazidos para a discussão de sua utilização. Um deles se referia à determinação de álcool em uma amostra de gasolina. Por se tratar de um material volátil, optamos por descartá-lo, já que iríamos realizá-lo na própria sala de aula.

Um experimento sobre bolhas de sabão, que parecia ser de fácil realização, não pode ser utilizado, pois, nos testes, não ocorreu o resultado previsto, sendo, então, descartado. O terceiro experimento proposto foi encontrado em um artigo escrito por Ferreira, Costa e Araújo (2008) (Anexo 2), que propuseram a determinação da presença de amido em três tipos de bananas, em diferentes graus de maturação, através da sua coloração na presença de iodo, que, dependendo da quantidade de amido, apresentaria cor intensa ou branda. Este experimento foi escolhido devido à utilização de materiais de baixo custo e fácil acesso, além de apresentar facilidade para os alunos visualizarem, através da cor, a existência ou não do amido, que estabelece interações intermoleculares com o iodo. Como a solução de iodo é marrom, ela será percebida na banana “verde”, pois existe mais amido para ocorrer interações, já nas bananas maduras, devido à presença de amido, a solução de iodo, inicialmente marrom, ficará incolor, pois o iodo estabelecerá ligações intermoleculares com o amido. Entretanto, a utilização do experimento foi de mera apresentação, realizada pelos professores em formação. Os três experimentos estão descritos nos Anexos 2, 3 e 4.

#### 4.2.2 Caracterizando o minicurso

O minicurso elaborado teve duração de quatro horas-aula, realizado em uma noite, um de cada vez. O minicurso abordou o tema Forças Intermoleculares e apresentou a seguinte estrutura de atividades:

1. Os professores em formação montaram uma apresentação de slides com assuntos prévios que serviriam de pré-requisitos e que poderiam ser utilizados como base na pesquisa que os alunos iriam realizar durante a atividade. Nesta parte, foi utilizado um projetor e os assuntos tratados foram ligações químicas e propriedades de moléculas, como geometria e polaridade. Foram utilizadas uma tabela periódica e várias imagens que visavam melhorar o entendimento do tema.

2. Posterior à etapa inicial, que procurava sustentar as principais concepções necessárias ao tratamento do tema, duas questões foram apresentadas: “como o ‘lagarto de cristo’ conseguia andar sobre a água?” e “como uma lagartixa conseguia andar pela parede e pelo teto sem cair?”. A apresentação das questões foi feita com o auxílio de um vídeo, no primeiro caso, e de imagens no segundo. Estes matérias estão presentes no Anexo 5.

3. Os alunos foram separados em grupos de três a seis, segundo seus próprios critérios. Nesta etapa, foi pedido para que cada grupo elaborasse sua(s) hipótese(s) para tentar explicar o fenômeno observado. Os alunos foram solicitados a transcrever suas idéias. Esta etapa teve duração de cerca de trinta minutos.

4. Após a elaboração, os alunos foram convidados a expor para a sala as hipóteses elaboradas. Cada grupo nomeou um “líder”, que seria o responsável em fazer a apresentação da ideias do grupo. As discussões foram guiadas pelos professores e todos poderiam opinar a qualquer momento.

5. As discussões feitas pelos alunos e professores acerca das hipóteses levantadas tinham por objetivo resgatar as concepções dos alunos e confrontá-las com a teoria, fazendo com que os alunos buscassem as justificativas ligadas aos conceitos subjacentes ao tema.

6. Os licenciandos sistematizaram os conceitos envolvidos na atividade com a ajuda dos alunos a fim de organizar os conhecimentos apresentados.

As atividades realizadas não seguem um roteiro de aplicações ou etapas. A proposta de investigação apresentou a seguinte configuração:

- discussão dos conceitos prévios;
- apresentação das questões;
- elaboração das hipóteses;
- discussão e apresentação das hipóteses;
- busca de explicações;
- discussão geral e sistematização dos conceitos.

Outro fator que merece destaque é o momento em que o tema foi introduzido. A professora regular da sala estava na escola e nos pediu para que fizéssemos também uma revisão sobre modelos atômicos, pois ela acreditava que seus alunos tinham pouco conhecimento no assunto. Esse fato indicou que o planejamento realizado para a apresentação dos assuntos prévios teria que ser alterado. No momento da apresentação dos conteúdos prévios, muitos alunos indicaram que não se recordavam dos modelos atômicos já estudados anteriormente. O estudo e a apresentação de parte dos assuntos utilizados na introdução, que serviriam, dentre outros objetivos, para recuperar os conhecimentos prévios necessários, indicou que alguns alunos não tinham conhecimento algum sobre o tema.

Tal situação gerou uma modificação na estrutura dos conceitos previamente selecionados para servir de sustentação para o trabalho. O que foi, de fato, apresentado consistiu no seguinte corpo de conceitos:

- Modelos Atômicos (para identificação de partículas dotadas de carga elétrica);
- Tabela Periódica (para o reconhecimento dos elementos e as suas principais características);
- Teoria do Octeto (para o reconhecimento da formação de íons);
- Ligações Químicas (tanto a iônica quanto a covalente, para possibilitar a compreensão sobre a formação de moléculas).

### 4.3 Coleta dos dados

A coleta de dados foi realizada a partir de quatro instrumentos: produziu-se a gravação em vídeo do minicurso, com a câmera postada no fundo da sala. Utilizamos também dois gravadores de áudio, colocados estrategicamente nas mesas dos grupos que estavam elaborando em conjunto as hipóteses para responder às questões levantadas durante as atividades.

Já o terceiro instrumento de coleta foi o registro elaborado pelos alunos das idéias discutidas e da elaboração de hipóteses para posterior apresentação aos demais grupos. Todas as gravações tiveram prévia autorização da escola e dos alunos.

O quarto instrumento de coleta de dados foi o diário de bordo realizado pelo pesquisador, que anotava dados sobre todas as atividades realizadas pelo grupo, tanto na elaboração do minicurso como na sua aplicação, baseados na observação e na convivência com os integrantes do grupo de licenciandos. Essas observações estão apresentadas de forma descritiva durante a apresentação e avaliação desta proposta investigativa.

O uso desses quatro instrumentos de coleta teve por objetivo registrar não somente as discussões orais e escritas, mas também registrar outras formas de manifestação, pois, muitas vezes, quando procuramos argumentar, utilizamos gestos e apontamentos que fazem parte da discussão. Assim, o vídeo oferece uma excelente oportunidade de captar essas manifestações, facilitando a análise dos dados.

O áudio foi utilizado visando uma melhor qualidade para analisar as discussões realizadas em cada grupo. Por outro lado, o registro escrito oferece a possibilidade de produzir dados resultantes de um processo de reflexão mais elaborado, uma vez que há a necessidade de organizar os pensamentos para registrá-los no papel.

Porém, infelizmente, a qualidade de áudio das gravações deixou a desejar e estas só puderam ser utilizadas para observação do comportamento dos grupos e dos licenciandos durante as atividades. Essas observações foram utilizadas ao longo das descrições do processo.

## 5. Análise dos dados

Os dados serão analisados a partir de dois referenciais teóricos. Num primeiro momento, analisaremos a proposta do minicurso investigativo com base na classificação de atividades de ensino proposta por Cañal (2000). O objetivo desta análise será identificar as características investigativas presentes na atividade proposta pelos sujeitos e sua possibilidade de classificação como atividade investigativa.

A segunda parte da análise tem por objetivo verificar se a atividade proposta e já avaliada anteriormente produz discurso argumentativo e a qualidade da argumentação produzida a partir da mesma, sendo analisada a partir das propostas de Osborne et al (2004) e Mendonça e Justi (2009).

### 5.1 Análise do minicurso investigativo

Utilizaremos uma proposta feita por Cañal (2000) para analisar uma unidade didática, identificando conteúdos específicos que devem compor esta unidade, como estratégias utilizadas, metodologia de trabalho e atuação dos professores e dos alunos. Aplicaremos algumas de suas indicações para analisarmos a estrutura das atividades realizadas. Uma de suas sugestões remete à interpretação do significado ou finalidade de cada uma das atividades identificadas dentro de uma seqüência didática. Para o autor, ao analisar a finalidade de ensino de cada atividade no contexto da seqüência, é necessário determinar se a atividade contempla as seguintes proposições apresentadas no Quadro 3:

<b>Orientação</b>	Atividades relacionadas com a apresentação ou seleção de objetivos específicos, questões, conteúdos, objetos de estudo e assim por diante.
<b>Expressão e contraste de conhecimento dos alunos</b>	Atividades destinadas a promover a comunicação, reflexão e o contraste do conhecimento inicial dos alunos em relação ao conteúdo ou objeto de estudo na unidade.
<b>Planejamento do</b>	Atividades relacionadas à apresentação ou preparação de

<b>trabalho a ser feito</b>	planos de trabalho relacionados com o objeto de estudo.
<b>Obtenção de novas informações</b>	Esforços para proporcionar aos alunos uma oportunidade de acesso a novos conteúdos necessários de acordo com plano de trabalho.
<b>Estruturação primária</b>	Atividades destinadas a promover o tipo de elaboração das novas informações que podem ser necessários em cada opção de ensino para os alunos para alcançar a aprendizagem específica, perseguidos em cada caso (memorização automática, construção significativa, habilidades, etc)
<b>Estruturação secundária</b>	Atividades destinadas a consolidar e expandir a funcionalidade da aprendizagem alcançada, ou seja, para o aumento da possibilidade de usá-los corretamente em uma gama crescente de vezes e em diferentes contextos. Isso significa empregos para eles e atividades que são criados a cada opção educacionais necessárias ou úteis para esse fim: estudar atribuições, exercícios repetidos, usando as lições aprendidas em diferentes épocas e contextos, construção de relacionamentos com a aprendizagem de outros, etc.
<b>Expressão ou comunicação de conhecimentos desenvolvidos</b>	Atividades educativas, cujo significado é o de informar o professor ou outras pessoas ou instituições de ensino e outros produtos ou resultados da estrutura (primária / secundária).
<b>Análise e avaliação do processo desenvolvido e resultados obtidos no decorrer da unidade</b>	Atividades relacionadas à compreensão e apreciação das propostas iniciais de planejamento e desenvolvimento dos planos de trabalho, ações pessoais ou de grupo, os instrumentos utilizados, as dificuldades encontradas e os resultados obtidos durante diferentes momentos da unidade.

**Quadro 3. Proposições de Cañal (2000) pra analisar uma unidade didática.**

No momento inicial da apresentação, os alunos receberam algumas instruções de como se comportar durante a atividade, que pretendia ser diferente das aulas convencionais a que eles já estavam habituados. Na apresentação, o pesquisador optou em dizer que também era um aluno da

turma para que não ocorresse qualquer tipo de distinção por parte dos alunos. Segundo a proposta de Cañal (2000), essa atividade pode ser classificada como “orientação”, pois são apresentados os objetivos (proposta diferenciada de ensino), o conteúdo e o objeto de estudo (forças intermoleculares). Os objetivos apresentados pelos licenciandos estão no plano de aula (Anexo 1).

Todos os integrantes do grupo participaram da exposição dos conceitos iniciais, cada um apresentando parte do tema até chegarmos à proposição das perguntas. Essa etapa durou cerca de trinta e cinco minutos. Esta atividade pode ser classificada, segundo Cañal (2000), como “expressão e contraste de conhecimento dos alunos”, pois seria o momento de identificar os conhecimentos prévios dos alunos e tentar sanar possíveis diferenças, a fim de que nenhum aluno ficasse de fora dos debates por não reconhecer o assunto em questão.

Essa situação merece destaque, pois ocorre uma incongruência entre o que pode ser encontrado no plano de aula e o que de fato ocorreu na apresentação do minicurso. No plano de aula (Anexo 1), os licenciandos indicam nesta etapa inicial a necessidade de um “levantamento dos conhecimentos prévios”, antes da apresentação dos conceitos iniciais que os integrantes do grupo julgaram necessários para subsidiar as discussões sobre o fenômeno em questão. Porém, esta etapa não se efetiva na aplicação do minicurso. Os licenciandos iniciam a atividade com a apresentação dos conteúdos iniciais.

Na literatura, é possível encontrar muitos trabalhos que discutem a importância das concepções prévias dos alunos ao se propor novas atividades de aprendizagem, como idéias intuitivas (DRIVER, 1986), pré-concepções (GIL-PÉREZ, 1986; FREITAS e DUARTE, 1990), idéias prévias (GIL-PÉREZ, 1986; DRIVER, 1986), pré-conceitos (NOVAK, 1977; ANDERSSON, 1986), erros conceituais (LINKE; VENZ, 1979), conceitos alternativos (GILBERT, 1982), conhecimentos prévios (POZO, 1998) e concepções alternativas (SANTOS, 1998; OLIVEIRA, 2008, *apud* ZULIANI et al, 2009). Na execução do plano de aula, embora isso estivesse previsto, os licenciandos não realizaram esse levantamento, fator que pode ter diminuído as chances de ocorrerem discussões mais elaboradas durante as atividades propostas.

Um dos motivos para a não utilização desta atividade pode estar na falta de conhecimentos sobre o tema por parte dos licenciandos, revelando, assim, a importância de discussões mais profundas e o desenvolvimento de pesquisas relacionadas a este tema a fim de repercutir numa maior qualidade dos cursos de licenciatura.

Parece que, diante do exposto, os licenciandos poderiam ter buscado maiores conhecimentos na elaboração das atividades propostas, além de um cuidado maior na aplicação da atividade em relação a duas questões distintas, citadas abaixo, que são fundamentais para a aprendizagem e elaboração de atividades de ensino:

- a) o que os alunos precisam saber?
- b) o que os alunos já sabem?

Um diálogo entre essas duas perguntas auxilia a elaboração de atividades que visam priorizar a construção do conhecimento do aluno.

Outro fator que merece destaque é que a apresentação dos conceitos iniciais ocorreu de forma tradicional, com os professores indicando os conteúdos e os alunos apenas atuando como espectadores.

Uma característica importante que foi observada refere-se ao fato de os alunos se mostrarem interessados durante todo o processo, ao contrário do que se relata reiteradamente na pesquisa em relação ao desinteresse dos alunos em relação à Química. Normalmente, as pesquisas indicam que os alunos se interessam somente quando se propõem atividades diferenciadas em sala de aula, aproveitando o conteúdo e aprendendo com elas. Esse comportamento pode ter ocorrido devido à situação de ensino ser diferente das atividades do dia a dia da escola. Mesmo oferecendo aos alunos uma atividade inicialmente tradicional, os alunos participaram dela tirando proveito da aula apresentada e interagindo com os professores.

Assim, algumas justificativas podem ser propostas: a situação, por mais que planejada e discutida anteriormente com a escola, a fim de não interferir no andamento normal, se constitui em uma atividade diferenciada daquelas propostas no dia a dia dos alunos. Estavam presentes cinco professores, em

vez de um; seriam utilizados recursos diversos para a apresentação dos conteúdos, além da colocação das câmeras que registrariam a aula.

Outro fator que merece ser discutido nesta pesquisa reside na pressuposição dos licenciandos, durante a realização do planejamento das atividades, de que não seria possível a realização da pesquisa pelos alunos para elaborar suas hipóteses sobre o fenômeno em questão.

Os licenciandos também não conheciam o espaço físico da escola e seus recursos didáticos. Esta situação tornou excludente para eles a possibilidade de planejamento a ser realizado com os alunos para as atividades a serem aplicadas, ocorrendo apenas a apresentação das instruções sobre a conduta que teriam que assumir para participar delas.

A justificativa apresentada pelos licenciandos foi a falta de tempo para a realização das atividades planejadas. Para que os alunos não precisassem pesquisar, foram apresentados os conceitos iniciais que serviriam de subsídio para a elaboração das hipóteses.

Após a apresentação das perguntas, os alunos formaram os grupos, com um número de três a seis componentes, de acordo com seus próprios critérios para a elaboração de suas hipóteses. Nesta etapa, os alunos poderiam fazer perguntas para os licenciandos, porém, estes estavam preparados para não fornecer respostas prontas, mas, sim, para auxiliar na discussão sobre o fenômeno em questão. Esta etapa durou cerca de trinta minutos e foi encerrada com o sinal para o intervalo.

Por suas características, esta etapa pode ser classificada, segundo Cañal (2000), como “estruturação primária”, pois os professores apresentaram o plano de trabalho geral para que os alunos pudessem se situar em relação ao objeto de estudo, que visava à elaboração de hipóteses explicativas para a ocorrência dos fenômenos. No momento da elaboração das hipóteses, os alunos poderiam trocar informações entre si e com os professores, a fim de produzir construções significativas de conceitos.

Após o retorno do intervalo de aulas, foi iniciado o processo de apresentação das hipóteses. Nesta etapa, dentre os quatro licenciandos, um ficou responsável pela gravação da apresentação, não participando dela. Os outros três participaram efetivamente apenas na parte introdutória, que apresentava os conceitos prévios. Durante a discussão com os alunos, o

pesquisador trabalhou de maneira mais efetiva. Um dos fatores responsáveis por tal situação pode ter sido a experiência do pesquisador como professor frente à inexperiência dos licenciandos, o que gerou a insegurança na condução das atividades.

Após as discussões, os professores licenciandos apresentaram os conceitos envolvidos na discussão e fizeram relações com outros fenômenos a fim de consolidar e sistematizar o conceito estudado, pois o aluno teria a oportunidade de identificar as relações estabelecidas, e indicando a eles a aplicabilidade do conhecimento construído e as características de sua construção. Essa atividade pode ser classificada como “estruturação secundária”, pois possibilita consolidar e expandir a funcionalidade dos conceitos discutidos e a construção de relações com a aprendizagem de outros fenômenos e conceitos.

Após encerrar as discussões, os professores iniciaram a apresentação do conteúdo com as conclusões que os próprios alunos conseguiram chegar em relação ao conteúdo exposto. Esta parte da atividade, segundo Cañal (2000), é classificada como “expressão ou comunicação de conhecimentos desenvolvidos”, já que o assunto foi retomado desde a pergunta inicial e as conclusões dos alunos davam indícios de que uma explicação pertinente foi alcançada o que caracteriza uma consequência da estruturação secundária.

A avaliação final feita pelos alunos foi positiva frente às atividades realizadas. Os que se manifestaram ao final disseram ter gostado de como o minicurso ocorreu e pediram para realizarmos outras vezes. Esta etapa, de acordo com Cañal (2000), se caracteriza como “análise e avaliação do processo desenvolvido e resultados obtidos no decorrer da unidade”, porém, não servirão de base para avaliar a proposta. Para isso, os alunos deveriam realizar atividades de avaliação capazes de elucidar para os professores as características da aprendizagem empreendida por eles, e o nível de consecução dos objetivos estabelecidos para a atividade. Neste trabalho, apenas alguns alunos se manifestaram, não sendo possível estabelecer uma generalização.

As proposições feitas por Cañal (2000) podem auxiliar na reflexão sobre a atividade realizada, pois permitem detectar a presença de etapas que são importantes na elaboração e aplicação de uma seqüência didática ou a falta de

elementos fundamentais para que ocorra um processo favorável à aquisição de conhecimentos pelos alunos. No Quadro 4, apresentamos a classificação, segundo Cañal (2000), utilizando uma valoração das diferentes partes da seqüência didática proposta.

<b>Significado da análise, segundo Cañal</b>	<b>Identificação da situação</b>	<b>Nível da ação (alto, médio ou baixo)</b>
<b>Orientação</b>	Foi apresentado o grupo de professores e os objetivos da atividade, os assuntos que seriam abordados em o que os alunos teriam que realizar, montar grupos, elaborar hipóteses e apresentar.	Alto
<b>Expressão e contraste de conhecimento dos alunos</b>	Ocorreu a apresentação de alguns assuntos iniciais para que fosse possível a estruturação dos conhecimentos necessários para iniciar a atividade	Médio/baixo
<b>Planejamento do trabalho a ser feito</b>	Os alunos receberam instruções sobre como realizar as atividades, não possibilitando um planejamento para ser realizado entre os alunos e professores.	Baixo
<b>Obtenção de novas informações</b>	Foi realizada uma revisão de alguns assuntos, propondo duas situações-problemas e os alunos, em grupo, elaboraram hipóteses para explicar os fenômenos em questão e posteriormente apresentaram para a sala toda.	Médio
<b>Estruturação primária</b>	Discussão entre os alunos frente aos conceitos apresentados e elaboração de hipóteses para explicar o fenômeno em questão.	Alto
<b>Estruturação secundária</b>	A discussão entre os alunos e os professores acerca das hipóteses levantadas e a utilização dos mesmo conceitos para outros fenômenos.	Alto
<b>Expressão ou comunicação de conhecimentos desenvolvidos</b>	Aquisição de novos conhecimentos pelos alunos e sua posição favorável a este tipo de atividade, além da participação efetiva da maioria dos alunos na realização das atividades.	Médio
<b>Análise e avaliação do processo desenvolvido e resultados obtidos no decorrer da unidade</b>	Análise geral da atividade realizada.	Baixo

**Quadro 4. Classificação dos níveis das proposições fornecidas por Cañal.**

Todas as etapas compõem o corpo do trabalho e possuem características específicas. Caso alguma delas ocorra de maneira inadequada,

a atividade pode ficar comprometida. A classificação realizada acima foi baseada no engajamento do aluno, indicando onde, de fato, ocorreu a participação efetiva do mesmo. Essa classificação mostra que as ações dos professores são fundamentais para o comprometimento dos alunos nas atividades propostas. Os níveis alto, médio e baixo foram atribuídos conforme o indicado no Quadro 5:

<b>Nível</b>	<b>Característica para classificação</b>
<b>Alto</b>	Quando ocorre reconhecimento do aluno sobre a importância da atividade e o mesmo atua de forma efetiva.
<b>Médio</b>	Ocorre participação moderada do aluno na atividade por encontrar dificuldades na sua realização.
<b>Baixo</b>	Não ocorre a participação do aluno na atividade.

**Quadro 5. Nível das proposições elaboradas por Cañal na análise da atividade.**

O primeiro dos aspectos analisados, “orientação”, foi classificado como alto, pois foram as situações que engajaram os alunos na atividade. Como os alunos sinalizaram a aceitação e compreensão da proposta se envolvendo de forma efetiva, temos indícios de que realizaram as atividades, cientes dos objetivos propostos pelos professores e, por este motivo, tiveram maiores chances de participar efetivamente da construção dos conceitos envolvidos no processo (GIL PÉREZ e VALDÉS CASTRO, 1996).

No segundo aspecto, “expressão e contraste de conhecimento dos alunos”, a classificação foi média/baixa devido à necessidade de levantamento das concepções dos alunos. Os licenciandos, apesar de indicarem esta necessidade em seu planejamento, investiram somente na tentativa de oferecer aos alunos acesso às concepções que julgaram necessárias à aprendizagem dos conceitos que iriam ser discutidos *a posteriori*. Isso pode ter prejudicado o andamento das atividades para alguns alunos, cujas concepções os licenciandos não conheciam e que poderiam influenciar na aprendizagem do conteúdo proposto. Segundo Mortimer (1996), os professores apresentam dificuldades em confrontar as concepções prévias de seus alunos devido a sua formação inicial não proporcionar este tipo de atividade, em que tentam, simplesmente, ampliar os conhecimentos que os estudantes já possuem sobre os fenômenos ou organizar o pensamento de senso-comum dos alunos.

O “planejamento do trabalho a ser feito” foi classificado como baixo por inexistir neste minicurso. Como discutido anteriormente, os licenciandos apenas apresentaram um “roteiro” com instruções a serem seguidas durante a realização das atividades, impossibilitando o planejamento feito com os alunos ou feito por eles. Este é mais um indicativo de que a proposta utilizada neste minicurso é parcialmente investigativa, pois, segundo Hodson (1994), um dos objetivos da investigação está nos métodos e procedimentos científicos utilizados para investigar fenômenos e resolver problemas, desde o seu planejamento até sua execução.

No aspecto “obtenção de novas informações”, a classificação média se deve ao fato de que os alunos não possuíam fontes alternativas para realizar uma pesquisa sobre o fenômeno. A única opção dada pelos licenciandos aos alunos foi o resgate dos conceitos iniciais discutidos na apresentação da proposta – fator que dificultou o avanço dos argumentos propostos no objetivo do plano de aula, já que muitos conceitos não foram contemplados na argumentação. A discussão sobre a argumentação será realizada nas próximas seções deste capítulo.

Como esta atividade proporciona uma etapa na qual os alunos estão elaborando hipóteses, sem a atenção do professor, já que cada grupo deve trabalhar de maneira autônoma, o aspecto “estruturação primária” foi classificado como alto, pois a elaboração de novas informações favoreceu a atuação dos alunos trabalhando em conjunto para elaborar hipóteses, embora, sempre que necessário, os professores poderiam ser consultados para auxiliar em alguma discussão.

A “estruturação secundária” foi classificada como alta, pois, nesta etapa, os conceitos contemplados na discussão sobre o fenômeno da atração das moléculas de água foram discutidos com todos os alunos e os professores buscaram argumentos para fundamentar as hipóteses até o momento em que os alunos atingissem o consenso sobre o tema discutido.

Após a síntese elaborada com os alunos, os professores relacionaram a utilização dos conceitos discutidos com outros fenômenos, no caso, o estado físico de outras substâncias que possuem semelhanças e diferenças em relação à sua natureza elétrica, responsável pela atração entre as moléculas.

Tal transposição de conceitos para outros fenômenos pode ser considerado um indicativo de aprendizado.

Um fator que seria interessante ocorrer, mas não foi encontrado nesta atividade, seria uma etapa em que os alunos reformulariam suas hipóteses, novamente em grupo. Isto poderia servir como avaliação sobre os conceitos aprendidos pelos alunos acerca das discussões. Esta etapa deve ser planejada inicialmente, porém, não ocorreu no planejamento nem na aplicação. Isso indica a importância da experiência e da prática dos professores, adquirida com o tempo em exercício, para que possam refletir sobre a própria atuação a fim de buscar melhorias.

A “expressão ou comunicação de conhecimentos desenvolvidos” foi classificada como média, pois, apesar das discussões atingirem níveis satisfatórios, nem todos os objetivos prévios foram alcançados. Como exemplo, podemos citar a utilização de conceitos como geometria molecular, polaridade de moléculas, tipos de forças intermoleculares, solubilidade e propriedades físicas, que estavam previstos no plano de aula.

Um dos fatores que impediram alcançar estes objetivos pode ser atribuído ao curto tempo destinado a atividade, apenas quatro aulas, e também por se tratar de assuntos complexos, que necessitam de articulações entre conceitos não visualizáveis de maneira imediata para os alunos, necessitando de modelização. Estas dificuldades já haviam sido detectadas por outras pesquisas (FERNADEZ e MARCONDES, 2006; PEREIRA, 2010; SANTOS e GRECA, 2005). Porém, ao verificarmos que as discussões auxiliaram a compreensão de parte do fenômeno, como consequência da estruturação primária e secundária, esta etapa foi classificada como média.

A “análise e avaliação do processo desenvolvido e resultados obtidos no decorrer da unidade”, como mencionada anteriormente, será classificada como baixa, pois os alunos não tiveram a oportunidade de realizar uma avaliação das aprendizagens pretendidas com a proposta, apenas alguns alunos se manifestaram sobre seu interesse na atividade.

Com relação à atividade investigativa elaborada para este minicurso, podemos classificá-la como *parcialmente investigativa*. A principal evidência para isso se coloca na falta de realização de algum tipo de pesquisa pelos alunos. Frente a um problema desconhecido, para fazer uma investigação

rigorosa, seria necessário recorrer a conceitos já existentes na literatura e em outras fontes. Outra evidência pode ser caracterizada pela atuação dos licenciandos, que utilizaram a investigação como *proposta de ensino centrada na formulação de hipóteses e na prática discursiva em torno desta situação*.

Em relação à pesquisa, para minimizar esta dificuldade, os licenciandos tinham como pressuposto que os assuntos abordados no início da apresentação seriam capazes de resgatar os conhecimentos prévios dos alunos e servir como subsídio na elaboração das hipóteses. Os alunos que conseguissem reconhecer a utilidade dos conceitos discutidos teriam mais condições para fundamentar suas hipóteses (GIL-PERES e VALDÉS CASTRO, 1996).

Outro motivo que torna a proposta investigativa uma adaptação está na falta de planejamento e realização de experimento que, apesar de não obrigatórios numa atividade investigativa, são interessantes para auxiliar na comprovação ou refutação das hipóteses levantadas. Segundo Munford e Castro e Lima (2007), nem todas as atividades investigativas necessitam de experimentação. Para as autoras, dependendo da situação, os elementos da investigação podem ser parcialmente incorporados à seqüência didática.

Na elaboração desta atividade, estes fatores foram pensados. Na busca de experimentos como sugestão para que os alunos testassem suas hipóteses, os encontrados na literatura exigiam a utilização de muitos conceitos concomitantes (GRECA e SANTOS, 2005). Por este motivo, não foram utilizados. Os alunos ainda estavam se familiarizando com o assunto proposto.

Segundo Azevedo (2004), uma estratégia investigativa não deve se limitar em manipulação ou observação, o aluno deve também refletir, discutir, explicar e relatar; atitudes que propiciariam o caráter de investigação. O foco está na elaboração e exposição das hipóteses para os colegas e para o professor. Neste momento, o professor tem o papel de aprofundar a discussão das hipóteses dos alunos, através da formulação e solicitação de formulação de argumentos que sejam reconhecidos e aceitos pelos alunos, minimizando, assim, a necessidade de experimentação.

Segundo Eemeren et al (1996), quanto mais sofisticada (possuir grande quantidade de conceitos prévios) a audiência for, melhor ela cumprirá uma função crítica testando a força do argumento, pró ou contra o ponto de vista,

ficando o professor com o papel de audiência sofisticada, ou seja, possuidor de conhecimentos.

A utilização da experimentação (Anexo 2) neste trabalho teve apenas o papel de ratificar as conclusões acerca do fenômeno em questão. Como sugerem Gil-Perez e Valdés Castro (1996), um dos papéis do professor na atividade investigativa é relacionar o conceito discutido a outros fenômenos. No caso desta seqüência didática, o experimento realizado foi diferente dos problemas apresentados aos alunos.

Para o tema abordado, houve muita dificuldade dos licenciandos em estruturar a proposta de outra maneira, devido ao escasso intervalo de tempo destinado para a realização das atividades e por não serem os professores regulares dos alunos. Eles conheceram a escola e os alunos no dia da apresentação do minicurso, fato que limitou as ações. Mais uma vez, o fator tempo dificultou a elaboração das atividades, pois nenhum membro conseguiu visitar antecipadamente a escola ou, até mesmo, conversar com algum professor dos alunos que participaram das atividades.

Porém, apesar de escasso, esse é o mesmo tempo que os professores da disciplina possuem para trabalhar o tema em sala de aula, já que, na Estrutura Curricular do Estado de São Paulo, são destinadas apenas duas aulas semanais para a disciplina Química.

Autores que trabalharam a proposta investigativa (GIL-PEREZ e VALDÉS CASTRO, 1996; MUNFORD e DE CASTRO E LIMA, 2008) discutem que não existe uma fórmula ou receita de atividade investigativa e nem todos os assuntos podem ser trabalhados da mesma maneira. A investigação deve ser adequada ao tema a ser abordado e à estrutura física da escola, em termos de salas virtuais, laboratórios didáticos, bibliotecas, entre outros.

Por esses motivos, podemos finalizar, apresentando a proposta investigativa aqui realizada com base em três características investigativas:

1. Os alunos devem sentir-se interessados em participar da investigação. Para isso ocorrer, é indicado iniciar a atividade com uma ou mais questões que sejam interessantes para os alunos;

2. Os aprendizes devem ter espaços em sala para poderem desenvolver uma das principais etapas da investigação: a elaboração das hipóteses para explicar o fenômeno observado/questionado;
3. Deve ocorrer uma troca de idéias entre o corpo discente e o professor, que tem o papel de orientador.

Ficou evidente que, ao preparar uma atividade, o professor deve conhecer seus alunos, possibilitando uma melhor qualidade de ensino, pois possuirá bases conceituais referentes às necessidades dos alunos para melhor avaliar a sua estruturação e aplicação.

Um fato que precisa ser comentado é que as atividades ocorreram de maneira semelhante nas duas escolas, não sendo percebidas diferenças significativas. A única diferença foi no momento da discussão entre os alunos e professores, que será apresentada na análise da argumentação envolvida nas atividades.

## **5.2 Análise da Argumentação**

Muitos trabalhos têm levado em conta o uso da argumentação em sala de aula como forma de possibilitar aos estudantes novas maneiras de conhecer a Ciência, fugindo do método tradicional, no qual o professor é apenas um “passador de informações” e os alunos são “meros espectadores”.

A grande maioria dos trabalhos desenvolvidos por autores como Driver, Jimenez-Aleixandre, Duschl, Carvalho e Capecchi, entre outros, apontam muitos pontos favoráveis no uso da argumentação, tais como a possibilidade de formação de cidadãos críticos, que saibam enfrentar problemas; a enculturação da Ciência; o desenvolvimento de responsabilidade e trabalho em grupo; despertar interesse pelos conhecimentos científicos, dentre outras.

Neste trabalho, procuramos analisar a qualidade da argumentação ocorrida entre alunos e professores durante uma atividade investigativa. Assim, utilizaremos duas propostas de análise, uma de Osborne et al (2004) e outra de Mendonça e Justi (2009). As propostas foram utilizadas separadamente sendo apresentadas abaixo.

### 5.2.1 Análise segundo Osborne et al (2004)

Para a análise dos dados nesta pesquisa, utilizaremos o modelo proposto por Osborne et al (2004), que fez uso de uma adaptação do modelo de Toulmin (2001) para verificar a qualidade dos argumentos produzidos pelos alunos. Nosso objetivo está centrado em discutir se argumentos são gerados em atividades investigativas e, caso sejam gerados, classificá-los em termos de qualidade.

Vale ressaltar que a qualidade aqui nominada se dá na constituição da argumentação como atividade discursiva em sala de aula e não em termos conceituais do argumento, porém, argumentos com conceitos corretos indicam que a aprendizagem está ocorrendo. A escolha deste autor deve-se ao fato de possuímos objetivos em comum na pesquisa, ou seja, propor atividades que possam iniciar o uso da argumentação em aulas de Ciências.

Neste trabalho, Osborne et al (2004) analisaram atividades de formação de professores com foco no treino para o uso da argumentação, buscando fomentar discussões sobre a argumentação e como propiciar esta atividade discursiva. Em nossa proposta, o objetivo foi verificar se a utilização de uma atividade de cunho investigativo, já analisado anteriormente, seria capaz de desenvolver a argumentação dos estudantes e qual é a qualidade desta argumentação.

Portanto, os professores, graduandos do último termo do curso de Licenciatura em Química, em formação inicial, não tiveram nenhuma disciplina específica sobre como promover o desenvolvimento de argumentação em aulas de ciências.

Para Osborne et al (2004), é importante educarmos nossos alunos indicando os porquês da visão científica, e esse enfoque requer mostrar dois fatores importantes na utilização da argumentação em aulas de ciências:

1. Como a evidência é usada na construção de explicações e como os argumentos formam as ligações entre os dados e as teorias construídas;
2. O desenvolvimento de uma compreensão dos critérios utilizados na Ciência para avaliar as provas e construir explicações.

Os autores destacam que a linguagem não é um mero adjunto, mas um elemento essencial da Ciência e que a construção do argumento, e sua avaliação crítica, é uma atividade central do discurso científico.

Além disso, Osborne et al (2004) discutem também que o ponto geral é que a argumentação (coordenação entre evidência e teoria para apoiar ou refutar uma conclusão, explicação, modelo, ou previsão) é uma tarefa epistêmica muito importante no processo discursivo da Ciência. Situando a argumentação como um elemento central na aprendizagem das ciências, os autores propõem duas funções:

- uma, é como uma heurística para envolver os alunos na coordenação de metas conceituais e epistêmicas;
- a outra é fazer o raciocínio e pensamento científico se tornarem visíveis para permitir a avaliação formativa dos professores.

Segundo os autores, uma tarefa importante para a educação científica é expor o núcleo epistêmico da Ciência: o uso do argumento para a construção de explicações sobre o mundo material e para desenvolver a habilidade da criança para compreender e praticar formas válidas de argumentar cientificamente, permitindo-lhes reconhecer não apenas os pontos fortes do argumento científico, mas também suas limitações.

Em sua pesquisa, Osborne et al (2004) trabalharam, inicialmente, com um grupo de 12 jovens professores do Ensino Médio para explorar e desenvolver a sua prática em iniciar a argumentação em sala de aula e, em seguida, com um subconjunto de seis desses professores para explorar o efeito que tais atividades tiveram sobre o discurso de sala de aula e o uso dos argumentos pelos alunos.

As questões que nortearam o trabalho foram: a evidência da pesquisa sugere que um contexto que promove e desenvolve o uso da argumentação dos alunos pode ser estabelecida, então, o que os professores podem aprender ao ouvir a discussão dos estudantes e como eles podem promover e melhorar a qualidade da argumentação? Essencialmente, como eles podem responder formativamente para ajudar os seus alunos e desenvolver seu raciocínio? Como, por exemplo, eles podem identificar as características

essenciais de um argumento? Como eles podem julgar se um argumento é melhor do que outro? Além disso, como eles devem modelar argumentos de qualidade aos seus alunos?

Para analisar a qualidade dos argumentos propostos pelos alunos, Osborne et al (2004) elaboraram uma série de cinco níveis de argumentos, utilizando o modelo de Toulmin (2001) como referência. Esses níveis foram elaborados com base nas características dos argumentos utilizados pelos alunos em contextos científicos e sócio-científicos, e foram incluídos na medida em que os alunos fizeram uso de dados, reclamações, garantias, conhecimentos prévios e qualificadores para apoiar seus argumentos, e na medida em que eles se envolveram ao afirmar, elaborar, reforçar, ou opor os argumentos de outros alunos.

A questão essencial levantada para esses episódios se relaciona com a forma de definir a sua qualidade. O que, por exemplo, faz um argumento ser melhor que outro? Para responder a esta pergunta, Osborne et al (2004) desenvolveram uma estrutura para a análise da qualidade do argumento. No estabelecimento deste quadro, traçaram duas grandes distinções.

A primeira premissa é que, se um argumento contém quaisquer razões e fundamentos (e dados), garantias, ou apoio para fundamentar a sua afirmação como transcendendo mera opinião e desenvolvendo o pensamento racional, é dependente da capacidade de justificar e defender suas crenças. Assim, vemos o mais simples argumento como os constituídos por uma afirmação. Os autores acreditam que eles são importantes porque são os primeiros passos para iniciar o processo de criação de diferença entre argumentos.

Os autores reconhecem que a oposição pode consistir apenas de um pedido de reafirmação, que é essencialmente uma interação discursiva incapaz de qualquer resolução. Tais movimentos não permitem a criação de argumentação de maior qualidade. Além disso, os professores precisam ser capazes de identificar tais movimentos do discurso e expor suas limitações (a falta de justificativa) para os seus alunos.

Já no segundo nível, argumentos são acompanhados por motivos que contêm dados ou garantias, seguidos de argumentos consistindo de reivindicações, dados, justificativas e refutações. Segundo Osborne et al (2004), episódios com refutações são, no entanto, de melhor qualidade do que

aqueles sem, porque episódios de oposição, sem refutações, têm o potencial de continuar para sempre, sem mudança conceitual ou de avaliação da qualidade da substância de um argumento.

Além disso, como Kuhn (1991, *apud* OSBORNE et al, 2004) argumentou que a capacidade de usar réplicas é a habilidade mais complexa na argumentação, o indivíduo deve integrar uma teoria original e alternativa, argumentando que a teoria original é a mais correta. Assim, as refutações são elementos essenciais dos argumentos de melhor qualidade e demonstram uma capacidade de alto nível de argumentação. A partir dessa análise, os autores construíram o seguinte quadro de análise da qualidade em termos de um conjunto de cinco níveis de argumentação.

<b>Classificação do argumento</b>	<b>Característica do argumento</b>
<b>Nível 1</b>	Consiste em argumentos que são simples afirmações ou uma afirmação contra outra afirmação.
<b>Nível 2</b>	Reivindicações com qualquer um dos dados, garantias ou conhecimentos prévios, mas não contêm quaisquer refutações.
<b>Nível 3</b>	Série de afirmações ou reafirmações com os dados ou garantias ou conhecimentos prévios com as refutações ocasionais fracas.
<b>Nível 4</b>	Argumentos com uma reivindicação com uma refutação claramente identificável. Pode ter várias alegações e contra-alegações.
<b>Nível 5</b>	Argumento estendido com mais de uma contraprova.

**Quadro 6. Características dos argumentos de acordo com nível de argumentação, proposto por Osborne et al (2004).**

A seguir, apresentaremos exemplos de argumentos com contestação e sem contestação e uma análise em cima do quadro proposto por Osborne et al (2004). Esses exemplos foram propostos pelos mesmos autores.

*Exemplo de episódio sem contestação.*

Neste exemplo, retirado da lição do jardim zoológico, uma reivindicação é avançada apoiado por alguns dados:

S1: eu não acho que um profissional do zoológico os machucaria.

S2: mas eles podem assustar os outros animais se verem algum outro animal ser sedado e arrastado.

S1: talvez o estresse.

S3: não estressa. Fica angustiado.

Aqui, o que temos é uma reivindicação de que os profissionais do zoológico não fariam mal aos animais, que é contrariada pela afirmação de que animais em zoológicos podem ter medo (afirmação), já que eles veriam outros animais sedados serem arrastado (dados). Assim, o nosso resumo deste exemplo é que ele consiste em: afirmação contra reafirmação mais dados, sendo classificado como de nível 2.

*Exemplo de um episódio com contestação.*

O episódio abaixo começa com a afirmação implícita de que os zoológicos são benéficos para os animais. Os dados para este argumento é que “alguns animais não seriam capazes de se reproduzir na natureza” e há uma garantia (warrant) fornecida que isso acontece, porque “eles podem não ter comida suficiente”. Essa afirmação é ainda apoiada pela afirmação de que “os animais precisam de um lugar seguro para viver” e o dado para apoiar esta afirmação está no fato de que “eles vão estar em risco com predadores”. Esta segunda afirmação é fracamente refutada com uma negação que é mínima e suportada pelos dados que o “risco de predadores é apenas a natureza”. No entanto, como a refutação dos dados do oponente não faz uma clara conexão evidente com os dados que sustentam o pedido original, os autores consideram que isso seja um exemplo de uma refutação fraca e um nível 3 de argumentação. Um resumo desse argumento seria de que ele consiste em: Afirmação (+ dados + mandado) + afirmação (+ dados) versus refutação fraca (+dados).

S1: alguns animais não seriam capazes de se reproduzir na natureza, porque eles podem não ter comida suficiente.

S2: não, não, não, porque um animal...

S3: extinção.

S1: o animal precisa de um lugar para viver, porque eles estariam em risco de outros predadores.

S2: o que você está colocando?

S1: um lugar para viver, ou eles estariam em risco de predadores outros.

S3: eles podem não ter comida suficiente para comer.

S2: mas eu quero dizer, isso é natureza, é preciso...

S1: mas nós somos por ele.

Após a observação dos exemplos, realizaremos a análise dos dados em duas etapas. A primeira referente ao minicurso da primeira escola, denominada de A e, posteriormente, a segunda escola, denominada de B.

### ***Escola A***

Neste episódio de ensino, realizaremos as discussões sobre os dados do minicurso aplicado na primeira escola, denominada escola A.

Nesta escola, não ocorreu a apresentação de um grupo de cada vez. Um grupo iniciou sua apresentação e as discussões geradas envolveram a participação dos demais grupos.

**Aluno 1:** a água suporta a pressão exercida pelo lagarto, por isso, ele não afunda.

**Professor:** como é que a água consegue suportar essa pressão, essa força exercida pelo lagarto?

**Aluno 2:** porque as moléculas estão juntas.

**Professor:** o que deixam elas juntas?

**Aluno 3:** ocorre uma interação entre as moléculas que dá uma resistência para que o lagarto não afunde.

**Professor:** alguém sabe como ocorre essa interação? Como que as moléculas covalentes atraem as outras?

**Aluno 3:** pelos elétrons que ficam em volta, daí, atraem outras moléculas.

**Professor:** o que tem que ter para uma molécula atrair a outra?

**Aluno 4:** uma tem que ser negativa e a outra positiva.

**Professor:** mas, como uma molécula de água atrai outra molécula de água?

**Aluno 5:** tem que ter uma cola, um imã.

**Professor:** porque o Superbonder® é uma cola bem forte? O que acontece para colar?

**Aluno 3:** porque tem uma substância que gruda na outra.

**Professor:** tudo bem, mas vamos tentar utilizar os termos corretos, o que será que significa uma molécula colar na outra?

**Alunos:** se unem.

**Professor:** mas como ocorre essa união, como eles se unem?

**Alunos:** atração de cargas opostas.

**Professor:** muito bem, o termo em questão é a atração. Agora, vamos retomar a questão: como uma molécula de água atrai a outra?

**Alunos:** ocorre a atração de uma molécula com as outras.

**Professor:** mas como ocorre essa atração, o que gera a atração?

**Alunos:** porque elas são iguais, são negativas.

**Professor:** mas, se são negativas, não vai ocorrer atração.

**Aluno 6:** por que são ametais?

**Professor:** não, ametais são negativos.

**Aluno 6:** como elas compartilham elétrons, uma molécula puxa a outra.

**Professor:** esse é o motivo delas serem covalentes e isso se aplica aos átomos, um com o outro. Eu quero saber de uma molécula com a outra. Vou tentar clarificar a pergunta: como que uma molécula consegue atrair outra? Ligação entre átomos é diferente de ligação entre moléculas.

**Aluno 3:** porque vai passando os elétrons, elas são iguais.

**Professor:** mas será que elas são iguais, são uniformes?

**Aluno 3:** será que é por que possui baixo ponto de fusão e ebulição?

**Professor:** alguém sabe o que significa ponto de ebulição e ponto de fusão?

**Alunos:** é a temperatura.

**Professor:** o que acontece com as moléculas quando ocorre fusão, quando elas se fundem?

**Alunos:** elas se juntam.

Discussão entre vários alunos ao mesmo tempo.

Após essa discussão, o professor realizou dois experimentos demonstrativos e foi até a lousa e, utilizando os modelos convencionais para

exemplificar fórmulas estruturais de moléculas, no caso, da água, e retomou os conceitos discutidos pelos alunos apresentando outros conceitos referentes à interação intermolecular, como a formação de pólos, que são os responsáveis pela atração entre as moléculas, justificando o fato de que esses pólos dependem da geometria molecular.

Nesta escola, os professores optaram por realizar a atividade discursiva da aula com base na apresentação de um único grupo, contando com a participação de toda a sala. Isso ocorreu pelo fato de os grupos não expressarem vontade em apresentar, por timidez ou por não confiarem em suas hipóteses, devido à falta de conhecimentos prévios necessários a sua elaboração.

Neste episódio, a partir da hipótese do grupo 1, “a água suporta a pressão exercida pelo lagarto, por isso, ele não afunda”, foi iniciada a discussão sobre o fenômeno. O professor, por meio de perguntas relacionadas a esta hipótese, tentou desdobrá-la na procura de conceitos específicos com o auxílio da sala toda. Após a afirmação feita pelo aluno 1, para iniciar a discussão, o professor perguntou quais seriam os motivos para a água suportar a pressão exercida pelo lagarto. O aluno 2, ao responder “porque as moléculas estão juntas”, possibilita a imaginação de moléculas bem próximas, sendo esse um dos alvos do professor: discutir com os alunos quais seriam as causas para as moléculas ficarem próximas. O aluno 3 consegue utilizar um termo cientificamente adequado durante sua afirmação, a “interação entre as moléculas”. Isso indica a utilização da linguagem científica, que é desejada por muitos pesquisadores (Driver, 1999).

No avançar da discussão, um dos alunos consegue chegar ao conceito necessário para ocorrer interação entre as moléculas, que é atração, e ainda afirma quais são as condições necessárias para ocorrer a atração: “uma tem que ser negativa e a outra positiva”. Fica evidente que, para avançar com as discussões em busca do conceito adequado, o professor tem papel fundamental na condução das atividades, sendo necessário dominar os conteúdos abordados e controlar a discussão, tomando os cuidados para não deixar nenhum aluno de fora da discussão e também para não constranger um aluno caso o mesmo faça alguma afirmação errada. Se isso acontecer, o aluno pode ficar traumatizado e não participar de outras atividades discursivas.

Uma dificuldade encontrada pelos alunos foi na explicação de como uma molécula atrai a outra, sendo que as duas são iguais, no caso, a da água. Para explicar esse fenômeno, seria necessário que os alunos conhecessem a geometria da molécula e sua respectiva polaridade. Porém, conseguiram chegar ao ponto da necessidade de cargas opostas para ocorrer a atração. Essa dificuldade em visualizar a molécula já foi detectada em outras pesquisas (FERNANDEZ e MARCONDES, 2006; MACHADO e BARCELLOS, 2004; SANTOS e GRECA, 2005).

Utilizando a classificação dos níveis de Osborne et al (2004), apontaremos alguns trechos da discussão gerada entre os alunos e os professores durante a apresentação das hipóteses.

#### Trecho 1:

<b>Aluno 1:</b> a água suporta a pressão exercida pelo lagarto, por isso, ele não afunda.	<b>Nível 5</b>
<b>Professor:</b> como é que a água consegue suportar essa pressão, essa força exercida pelo lagarto?	
<b>Aluno 2:</b> porque as moléculas estão juntas.	
<b>Professor:</b> o que deixam elas juntas?	
<b>Aluno 3:</b> ocorre uma interação entre as moléculas que dá uma resistência para que o lagarto não afunde.	

Quadro 7. Classificação do argumento do trecho 1, segundo Osborne et al (2004), escola A.

Nesta discussão, o argumento pode ser classificado no nível 5, pois ocorreram: afirmação (+ dados) versus refutação (+ dados + garantia) e posterior conclusão. Esse argumento foi satisfatório, pois, além de ser classificado como o mais alto nível, possui elementos que indicam o entendimento do assunto. Os alunos desse grupo conseguiram estabelecer as relações corretas com o fenômeno em questão. Outro fator de importância nesta situação foi a participação de três componentes do grupo, fato que indica que ocorreu discussão entre os três na composição da hipótese.

#### Trecho 2:

<b>Professor:</b> alguém sabe como ocorre essa interação? Como que as moléculas covalentes atraem as outras?	<b>Nível 1</b>
<b>Aluno 3:</b> pelos elétrons que ficam em volta, daí, atraem outras moléculas.	
<b>Professor:</b> o que tem que ter para uma molécula atrair a outra?	
<b>Aluno 4:</b> uma tem que ser negativa e a outra positiva.	

Quadro 8. Classificação do argumento do trecho 2, segundo Osborne et al (2004), escola A.

Esta situação foi evocada pelo professor. Os argumentos foram emitidos numa seqüência de discussão. Essa questão ocorreu logo após o primeiro trecho ter transcorrido, portanto, os alunos já tinham entendido a ocorrência da atração entre as moléculas. O professor estava investigando se algum aluno conseguiria identificar o que ocasiona a atração entre as moléculas, algo complexo que exige conhecimento em níveis moleculares.

O aluno três conseguiu utilizar os dados anteriores (da introdução realizada no começo da atividade, quando conceitos referentes a ligações químicas foram comentados, incluindo a importância dos elétrons no estabelecimento de ligações) para tentar justificar a atração. Porém, quando o professor pergunta sobre a necessidade de atração, o aluno quatro responde sobre a necessidade de possuírem cargas opostas. Essa é a resposta correta, porém, os alunos não conseguiram identificar como ocorreria a existência de cargas opostas se existem apenas elétrons em volta da molécula. Essa discussão não sofreu evolução pela falta de conhecimento dos alunos e será classificada como nível um, já que possui apenas afirmações, sem que ocorra qualquer tipo de refutação.

### Trecho 3:

<b>Professor:</b> mas como uma molécula de água atrai outra molécula de água?	Nível 2
<b>Aluno 5:</b> tem que ter uma cola, um imã.	
<b>Professor:</b> porque o Superbonder® é uma cola bem forte? O que acontece para colar?	
<b>Aluno 3:</b> porque tem uma substância que gruda na outra.	
<b>Professor:</b> tudo bem, mas vamos tentar utilizar os termos corretos, o que será que significa uma molécula colar na outra?	
<b>Alunos:</b> se unem.	
<b>Professor:</b> mas como ocorre essa união, como eles se unem?	
<b>Alunos:</b> atração de cargas opostas.	
<b>Professor:</b> muito bem, o termo em questão é a atração. Agora, vamos retomar a questão: como uma molécula de água atrai a outra?	
<b>Alunos:</b> ocorre a atração de uma molécula com as outras.	
<b>Professor:</b> mas como ocorre essa tração, o que gera a atração?	
<b>Alunos:</b> porque elas são iguais, são negativas.	
<b>Professor:</b> mas, se são negativas, não vai ocorrer atração.	
<b>Aluno 6:</b> porque são ametais?	
<b>Professor:</b> não, ametais são negativos.	
<b>Aluno 6:</b> como elas compartilham elétrons, uma molécula puxa a outra.	
<b>Professor:</b> esse é o motivo delas serem covalentes e isso se aplica aos átomos, um com o outro. Eu quero saber de uma molécula com a outra. Vou tentar clarificar a pergunta: como que uma molécula consegue atrair outra? Ligação entre átomos é diferente de ligação entre moléculas.	

<b>Aluno 3:</b> porque vai passando os elétrons, elas são iguais.	
<b>Professor:</b> mas será que elas são iguais, são uniformes?	
<b>Aluno 3:</b> será que é por que possui baixo ponto de fusão e ebulição?	
<b>Professor:</b> alguém sabe o que significa ponto de ebulição e ponto de fusão?	
<b>Alunos:</b> é a temperatura.	
<b>Professor:</b> o que acontece com as moléculas quando ocorre fusão, quando elas se fundem?	
<b>Alunos:</b> elas se juntam.	

**Quadro 9. Classificação do argumento do trecho 3, segundo Osborne et al (2004), escola A.**

Este trecho é marcado pela busca do professor na explicação de como seria possível uma molécula atrair a outra. Os alunos já haviam entendido a necessidade de existirem cargas opostas para que as moléculas se atraiam, mas como isso seria possível em uma molécula que não apresenta cargas opostas? Como esse assunto exige conhecimentos complexos, nenhum argumento de alto nível ocorreu, pois os alunos não possuíam garantias para elaborá-los. Algumas afirmações ocorreram com a utilização de dados, como “elas compartilham elétrons” e “possui baixo ponto de fusão e ebulição”, porém, não ocorreu o entendimento do assunto de maneira mais geral, impedindo o avanço dos argumentos (EEMEREN et al,1996). Algumas concepções estavam sendo utilizadas corretamente, porém, não foram suficientes para compor uma explicação do fenômeno.

Um fator que pôde ser observado nesta escola e que favoreceu as discussões foi o grupo que se dispôs a apresentar sua hipótese, pois, ao analisarmos as hipóteses escritas, que apenas três grupos apresentaram, pode-se perceber que o grupo inicial possuía os conceitos necessários para dar início a discussão, que é a atração entre as moléculas da água. As hipóteses escritas foram:

**Grupo 1:** “ocorre uma interação entre as moléculas que dá uma resistência para que não afunde, tem também a velocidade do lagarto e a pressão que ele exerce sobre a água.”

**Grupo 2:** “as moléculas de cada um não se atraem; as moléculas da água suportam a do lagarto. Isso acontece porque as moléculas da água são mais juntas e as do lagarto mais separada. Isso faz com que os dois não se unam.”

**Grupo 3:** “conforme a velocidade e a força de impacto que se opõe sobre a água, faz com que o animal consiga andar sobre a água.”

Com o avançar das discussões, pôde-se perceber também que os integrantes dos outros grupos que optaram por não expor suas hipóteses, já que estas estavam diferentes do rumo tomado na discussão, conseguiram elaborar outras hipóteses e, assim, participar da discussão. Isso pode indicar que os alunos conseguiram refletir sobre sua hipótese inicial e entenderam os assuntos da discussão, possibilitando, então, concluir que suas hipóteses não se encaixavam no fenômeno em questão.

### **Escola B**

Nesta escola, a atividade foi alterada. Aqui, todos os grupos apresentaram suas hipóteses, diferentemente da escola A. Um dos motivos são as próprias características dos alunos, que não se intimidaram com as atividades e participaram espontaneamente das discussões. Um dos motivos pode ser pelo reconhecimento da questão, fator determinante da participação do aluno que, segundo Gil-Peres (1996), ocorre quando a situação problema for significativa para ele.

#### **Grupo 1 (sem interferência do professor):**

As moléculas da água se atraem, que nem no copo d'água e, quando o lagarto passa correndo, ele bate o pé forte e rápido, de chapa, não dando tempo das moléculas se desunirem e, aí, ele consegue andar sobre a água.	<b>Nível 2</b>
---	--------------------

**Quadro 10. Classificação do argumento do trecho 1, segundo Osborne et al (2004), escola B.**

Os alunos não demonstram conhecer os termos corretos que podem ser relacionados com determinados fenômenos, isso é possível de ser identificado quando o aluno, ao se expressar, diz “desunirem” para relacionar a separação das moléculas, no sentido de romper as interações intermoleculares. Porém, o argumento do aluno foi aceito pelo professor, isso foi possível de visualizar devido à falta de interferência do mesmo. Classificação do argumento: nível 2, pois apresenta afirmações com dados e garantias, mas não possui refutações.

#### **Grupo 2 (com interferência do professor):**

Aluno: depende da temperatura da água, se a água estiver quente, as moléculas não vão estar juntas e, se a água estiver fria, as moléculas vão	
--	--

estar juntas, vão estar fortes, daí, o lagarto consegue passar.	<b>Nível 2</b>
Professor: e o que você escreveu, aí, não tem nada a ver com o que você falou, leia para a sala.	
Aluno: a água suporta o peso porque as moléculas estão unidas.	

Quadro 11. Classificação do argumento do trecho 2, segundo Osborne et al (2004), escola B.

Neste caso, o professor leu a resposta do aluno antes dele apresentar. Porém, o aluno não se sentiu seguro com a sua resposta e, no momento da apresentação, preferiu apresentar outro argumento. O professor identificou este fato e interferiu no argumento do aluno que estava diferente do escrito. Nestes dois primeiros casos, fica evidente que os alunos conseguiram relacionar a resistência gerada na água com a atração entre suas moléculas, porém, a explicação para a ocorrência da atração não foi mencionada em nenhum dos casos. Classificação: nível 2.

Apesar de apresentar a mesma classificação anterior, é possível detectar diferenças em termos conceituais. O primeiro caso foi aceito pelo professor por apresentar conceitos adequados, já no segundo caso, o grupo estava utilizando conceitos inadequados para explicar o fenômeno.

### Grupo 3 (com interferência do professor):

<b>Aluno:</b> ele consegue passar pela água por causa da tensão superficial.	<b>Nível 1</b>
<b>Professor:</b> o que é tensão superficial?	
<b>Aluno:</b> a água é mais forte que a massa do corpo do lagarto.	
<b>Professor:</b> então, a diferença é de massa? O lagarto é mais leve que a água?	
<b>Aluno:</b> sim... e a tensão superficial quebra a... (incompreensível)	

Quadro 12. Classificação do argumento do trecho 3, segundo Osborne et al (2004), escola B.

Neste caso, um dos alunos tentou explicar o fenômeno com a tensão superficial, caso que explica o fenômeno. O professor ficou entusiasmado ao perceber que, talvez, o aluno teria chegado ao conceito desejado. Porém, o aluno não sabia argumentar sobre o que de fato é a tensão superficial. Neste episódio, o professor preferiu interromper a discussão sobre a tensão superficial por achar que seria um tema abstrato no momento, pois os alunos ainda não tinham compreendido o que eram as forças intermoleculares. Classificação: nível 1, pois apresenta apenas afirmações, sem a utilização de garantias e dados.

### Aluno 4 (com interferência do professor):

<b>Aluno:</b> a água é mais densa que o lagarto, por isso, que ela suporta ele.	<b>Nível 4</b>
<b>Professor:</b> vou te fazer uma pergunta: você consegue colocar sua mão dentro de um copo com água?	
<b>Aluno:</b> consigo	
<b>Professor:</b> você consegue colocar sua mão dentro do lagarto?	
<b>Aluno:</b> não	
<b>Professor:</b> qual a diferença entre as moléculas nos dois casos?	
<b>Aluno:</b> no lagarto, elas estão mais juntas, então, as moléculas de água estão juntas e vão suportar o peso do lagarto.	

**Quadro 6. Classificação do argumento do trecho 4, segundo Osborne et al (2004), escola B.**

Neste caso, o aluno utilizou argumentos que não se encaixavam na explicação do fenômeno em questão. O professor, que possui o papel de audiência avaliativa (EEMEREM et al, 1996), reconhece esse erro e contra-argumenta na tentativa de resgatar o conceito mais adequado. Classificação: nível 4, pois apresenta contra-argumentos que obrigam a reformulação do argumento inicial e este ocorre com a utilização de dados e garantias.

#### **Aluno 5 (com interferência do professor):**

<b>Aluno:</b> a hora em que o lagarto pressiona a água, as moléculas de água se juntam e não deixam o lagarto afundar.	<b>Nível 5</b>
<b>Professor:</b> o que ocorre para as moléculas de água se agruparem?	
<b>Aluno:</b> tem que ter atração.	
<b>Professor:</b> como uma molécula atrai outra?	
<b>Sala:</b> positivo com negativo.	
<b>Professor:</b> pólos diferentes?	
<b>Alunos:</b> sim.	
<b>Professor:</b> e se forem pólos iguais? O que vai acontecer?	
<b>Alunos:</b> se afastam.	
<b>Professor:</b> então, o lagarto iria afundar. Então, a água possui pólos diferentes que faz com que uma molécula atraia outra. Concordam?	
<b>Alunos:</b> sim.	

**Quadro 14. Classificação do argumento do trecho 5, segundo Osborne et al (2004), escola B.**

Neste caso, os argumentos utilizados dos alunos foram convincentes ao professor, por isso, não ocorreu contestação. O professor apenas buscou mais informações dos alunos para consolidar o argumento produzido. Vale lembrar que esses casos de apresentação ocorreram seqüencialmente. Então, os grupos que ficam para o final da apresentação possuíram mais dados para elaborar seu argumento. Isso mostra que os alunos estavam atentos às outras discussões e conseguiram elaborar um argumento adequado com o fenômeno em questão. Classificação: nível 5, pois apresenta discussão contínua na

busca da consolidação de afirmações com a utilização de dados e garantias até ser estabelecida uma conclusão.

### **Aluno 6 (sem interferência do professor):**

<b>Aluno:</b> então, a força de atração da água consegue suportar o peso do lagarto, por isso, que ele consegue andar sem afundar.	<b>Nível</b> <b>1</b>
--	--------------------------

**Quadro 157. Classificação do argumento, segundo Osborne et al (2004), do trecho 6, escola B.**

Com as discussões feitas anteriormente, esse aluno conseguiu elaborar um argumento que explica o fenômeno, sem precisar do auxílio do professor na sua elaboração. Classificação: nível 1, pois não possui refutação.

Após esta discussão entre grupos e professor, o mesmo foi até a lousa e montou, de forma esquemática, um modelo sistematizando o consenso gerado na sala. Mostrou como uma molécula de água atrai a outra e como essa força suporta o peso do lagarto. O professor também relembrou que um aluno tinha feito o uso do termo “tensão superficial” erroneamente e apresentou o conceito adequado.

Quando os alunos passaram pela etapa de discussão para formular a hipótese em grupo, sem a presença do professor, as escolhas, muitas vezes, parecem ter ocorrido não por causa de um argumento ser melhor ou mais aceito que outro, mas por seguirem certa hierarquia. Isso ocorre também quando o professor entra na discussão. Os alunos aceitam os argumentos do professor por acreditarem que ele detém os conhecimentos sobre o assunto abordado. Por isso, o professor possui um papel fundamental na argumentação dos alunos. Ele deve guiar o processo até que os alunos consigam se aproximar do conceito desejado.

Utilizando a classificação de Osborne et al (2004) com os níveis de argumento dependendo das refutações na discussão, é possível identificar que argumentos que o professor contra-argumenta com o aluno e esse entende o argumento do professor e contra-argumenta com ele, são classificados como nível 5 e são os mais desejados em sala de aula, pois ocorre a participação efetiva do aluno na construção de seu conhecimento. Por outro lado, no caso do aluno 6, ao emitir seu argumento, o aluno não apresenta qualquer refutação, não passando, portanto, do nível 1. Esses níveis não indicam a qualidade

conceitual neste caso, pois o argumento que não sofreu qualquer refutação (aluno 6) se deve ao fato de ser um argumento adequado ao fenômeno em questão.

Esta escola foi a segunda a receber o minicurso investigativo utilizado nesta pesquisa. Percebeu-se que, como os professores já tinham apresentado a mesma atividade na outra escola, reconheceram algumas dificuldades encontradas pelos alunos. No momento da apresentação das situações problema e revisão dos assuntos preliminares, alguns pontos detectados anteriormente e que poderiam causar maiores dificuldades aos alunos, foram repensados para esta situação.

Tal atitude propiciou uma melhora na qualidade dos argumentos, tanto como prática discursiva, quanto conceitual. Outro motivo para ter ocorrido uma melhora nos argumentos desta escola em relação à anterior pode estar associada à utilização de atividades parecidas com a proposta neste trabalho, uma vez que a argumentação necessita ser praticada para ser aperfeiçoada, pois, segundo Costa (2008), investigações têm revelado que a argumentação válida não surge naturalmente; ao contrário, é adquirida pela prática, apontando para a necessidade de se desenvolver a argumentação nas salas de aula.

Retomando o fato de que os argumentos finais foram privilegiados devido às discussões ocorridas, pode-se perceber que as hipóteses escritas estavam diferentes das apresentadas. Nesta escola, temos três grupos que entregaram suas hipóteses escritas:

**Grupo 1:** “para que as moléculas se juntem, a água deve ser sólida e, para mantê-las para a temperatura da água tem que estar baixa, assim, formando uma camada sobre a água.”

**Grupo 2:** “os dedos unidos do lagarto, a pressão que ele exerce sobre a água. Porque as partículas estão atraídas, acontece uma ligação covalente.”

**Grupo 3:** “hipótese 1: pelo fato do nosso corpo ter mais massa que a dele; hipótese 2: pelo fato das moléculas da pata se atrair com a água; hipótese 3: por causa da tensão superficial.”

No decorrer das discussões, os grupos tomaram consciência, mesmo que parcial, de que alguns elementos das suas hipóteses poderiam estar equivocados, por isso, foram ocultados na apresentação oral das hipóteses. Fato que pode ser observado em situações como “a água deve ser sólida”, “os dedos unidos do lagarto”, “pelo fato de nosso corpo ter mais massa que o dele” e “pelo fato das moléculas da pata se atrair com a água”.

Isso mostra que, durante as discussões, os alunos conseguiram refletir sobre o tema e tiveram a coragem de tomar a decisão de excluí-los da apresentação. Tal postura indica um ponto positivo para a utilização de situações em que a prática discursiva é privilegiada, pois os alunos tiveram que elaborar suas hipóteses antes da apresentação e, enquanto discussões eram geradas, alguns alunos reelaboravam suas hipóteses, dependendo do rumo assumido na discussão e da melhor compreensão do assunto, pois, para Jiménez-Aleixandre (2003), argumentação é a capacidade de relacionar dados e conclusões, e avaliar enunciados teóricos à luz dos dados empíricos ou provenientes de outras fontes.

Osborne et al (2004), ao discutirem o papel do professor na busca de argumentos de qualidade dos seus alunos, levantam algumas questões:

- Como identificar as características essenciais de um argumento?
- Como eles podem julgar se um argumento é melhor do que outro?
- Como eles devem modelar argumentos de qualidade aos seus alunos?

Parece-me que esses aspectos estão presentes no momento das discussões entre os alunos e os professores, estes, que detêm o conhecimento, buscam encontrar nos seus alunos explicações para fundamentar um argumento. Quando o professor realiza uma pergunta a partir de um argumento feito por algum aluno, procura indícios de que este não foi elaborado apenas para participar de uma discussão, mas que possua fundamentação.

Quando um aluno consegue responder a algum questionamento feito pelo professor, ocorre a avaliação positiva do professor e podemos dizer que o argumento foi de qualidade. Caso não ocorra a resposta, pode ser o indicativo

de que o aluno não possui fundamentos no seu argumento, apenas elaborou uma afirmação para poder participar da discussão.

Isso mostra, mais uma vez, o papel fundamental do professor nas atividades discursivas geradas em sala de aula. Novas pesquisas precisam identificar se a formação inicial de professores está possibilitando suprir essa demanda de qualidade para os novos professores, que devem privilegiar a argumentação de seus alunos e que, para isso, devem estar habituados a este tipo de atividade.

### 5.2.2 Análise segundo Mendonça e Justi (2009)

Outra proposta interessante para analisar a argumentação desenvolvida em aulas de ciências foi realizada por Mendonça e Justi (2009). Segundo as autoras, existem algumas pesquisas que pretendem propiciar o desenvolvimento de habilidades argumentativas, mas falham nas avaliações de como elas se desenvolvem e se sofisticam. As autoras pontuam que isso ocorre porque os instrumentos utilizados para avaliar as habilidades se constituem a partir da aplicação, aos alunos, de questionários contendo questões duvidosas quanto a esse objetivo, pelo fato de serem fechadas e investigarem conhecimento declarativo.

Em seu trabalho, as autoras apresentam um instrumento para examinar habilidades argumentativas que podem ser desenvolvidas no Ensino de Ciências e compõem os critérios de argumentos que podem ser utilizados em situações corriqueiras. Para a proposição desse instrumento, as autoras se fundamentaram no protocolo de entrevista e nas definições propostas por Kuhn (1991) para argumento retórico, dialógico, contra-argumento, teoria alternativa e refutação; no trabalho de Toulmin (1958) sobre os componentes do argumento; e na seleção de problemas científicos no material IDEAS, do trabalho de Osborne et al (2004).

Esta proposta de análise está apresentada no quadro abaixo:

Competência Argumentativa	Habilidade Argumentativa	Código da habilidade
	Analisar criticamente	A 1
	Refletir acerca de evidências	A 2

Produzir e avaliar um argumento	Identificar provas e/ou dados	A 3
	Diferenciar provas e/ou dados de causas e/ou explicações	A 4
	Propor justificativas	A 5
	Fundamentar justificativas	A 6
	Elaborar explicações	A 7
	Formular enunciados: hipóteses e/ou conclusões	A 8
	Usar a linguagem da ciência	A 9
	Levantar as abrangências e limitações de hipóteses e/ou conclusões e/ou modelos	A 10
Oferecer um contra-argumento	A 1 a A 10	
	Aceitar a possibilidade de seu argumento ser contestado	A 11
Propor uma idéia alternativa	A1 a A 10	
	Aceitar a possibilidade de conviver com duas explicações e/ou modelos	A 12
Oferecer refutação	A1 a A 9	
	Reforçar o argumento inicial de modo a demonstrar que ele é mais correto	A 13

**Quadro 168. Habilidade argumentativas que podem ser avaliadas pelo instrumento (MENDONÇA E JUSTI, p.8, 2009).**

Com esta proposta, pretendemos analisar a atuação do professor, identificando o tipo de habilidade, provocada na argumentação dos alunos a partir da intervenção do professor. Buscamos, com isto, identificar maneiras de atuação a fim de auxiliar a elaboração de argumentos mais completos por parte dos estudantes. Na nossa pesquisa, procuramos analisar produção e a avaliação do argumento produzido em aulas investigativas, portanto, utilizaremos apenas a primeira parte do quadro proposto por Mendonça e Justi (2009), com as habilidade de A1 a A10.

As autoras, em sua pesquisa, reconhecem que os argumentos que os alunos utilizam para tentar explicar um problema dificilmente serão completos, fazendo relação entre dados, garantias, justificações e conclusão. Para que isso seja encontrado no argumento do aluno, o professor deve fazer perguntas específicas a fim de obter estes componentes empregados na elaboração do argumento.

Para exemplificar a situação, utilizaremos um trecho extraído do artigo feito pelas autoras. Foi mostrada uma figura com dois bonecos de neve de mesma massa, um deles vestia uma camiseta preta e o outro não. Foi realizada a seguinte pergunta para os alunos: “suponha que os dois bonecos de neve estejam em um mesmo local, qual deles você acha que irá ‘derreter’ primeiro?”. Segundo as autoras, nesse caso, espera-se que o estudante

indique o boneco que julga derreter primeiro (A8). A justificativa (A5), fundamentação (A6) e/ou explicação (A7) para a escolha deverão ser formuladas em resposta à segunda questão: “Por que você acha que o boneco indicado na questão anterior irá ‘derreter’ primeiro?”. Nessa questão, o estudante deverá ser capaz de identificar provas e/ou dados (A3) e diferenciá-los de explicações (A4). Caso ele responda que o de camiseta preta derrete primeiro, poderá suportar sua afirmativa a partir do dado ‘vestimenta preta’, visto que é esse fato que distingue um boneco do outro. Ademais, ele pode ser capaz de dizer por que a roupa preta é a responsável pelo derretimento do boneco, ao explicitar porque esse fator é o responsável pelo derretimento e, implicitamente, reconhecer que ele não é a explicação para o problema, pois é necessário pensar na questão da absorção da radiação solar de diferentes comprimentos de onda.

A seguir, apresentamos as análises produzidas a partir deste instrumento com os dados obtidos nas duas escolas, A e B.

Apresentamos no quadro 16, todas as falas ocorridas durante a discussão entre os alunos e os professores e a classificação de cada um, segundo o instrumento proposto pelas autoras.

### **Escola A**

<b>Nº</b>	<b>Argumentos</b>	<b>Classificação segundo Mendonça e Justi (2009).</b>
1	<b>Aluno 1:</b> a água suporta a pressão exercida pelo lagarto, por isso, ele não afunda.	A8
2	<b>Professor:</b> como é que a água consegue suportar essa pressão, essa força exercida pelo lagarto?	Espera A3, A5 e/ou A7
3	<b>Aluno 2:</b> porque as moléculas estão juntas.	A5
4	<b>Professor:</b> o que deixam elas juntas?	Espera A3 e/ou A6
5	<b>Aluno 3:</b> ocorre uma interação entre as moléculas que dá uma resistência para que o lagarto não afunde.	A5, A6 e A9
6	<b>Professor:</b> alguém sabe como ocorre essa interação? Como que as moléculas covalentes atraem as outras?	Espera A8
7	<b>Aluno 3:</b> pelos elétrons que ficam em volta, daí, atraem outras moléculas.	A8
8	<b>Professor:</b> o que tem que ter para uma molécula atrair a outra?	Espera A2, A8
9	<b>Aluno 4:</b> uma tem que ser negativa e a outra positiva.	A8
10	<b>Professor:</b> mas como uma molécula de água atrai outra	Espera A3 e/ou A6

	molécula de água?	
11	<b>Aluno 5:</b> tem que ter uma cola, um imã.	A6
12	<b>Professor:</b> porque o Superbonder® é uma cola bem forte? O que acontece para colar?	Espera A2, A3 e/ou A7
13	<b>Aluno 3:</b> porque tem uma substância que gruda na outra.	A5
14	<b>Professor:</b> tudo bem, mas vamos tentar utilizar os termos corretos, o que será que significa uma molécula colar na outra?	Espera A9
15	<b>Alunos:</b> se unem.	A5
16	<b>Professor:</b> mas como ocorre essa união, como eles se unem?	Espera A7
17	<b>Alunos:</b> atração de cargas opostas.	A3 e A6
18	<b>Professor:</b> muito bem, o termo em questão é a atração. Agora, vamos retomar a questão: como uma molécula de água atrai a outra?	Espera A6 e/ou A7
19	<b>Alunos:</b> ocorre a atração de uma molécula com as outras.	A5
20	<b>Professor:</b> mas como ocorre essa tração, o que gera a atração?	Espera A3, A6 e/ou A7
21	<b>Alunos:</b> porque elas são iguais, são negativas.	A5
22	<b>Professor:</b> mas, se são negativas, não vai ocorrer atração.	Espera A2
23	<b>Aluno 6:</b> porque são ametais?	A5
24	<b>Professor:</b> não, ametais são negativos.	Fornece A3
25	<b>Aluno 6:</b> como elas compartilham elétrons, uma molécula puxa a outra.	A5
26	<b>Professor:</b> esse é o motivo delas serem covalentes e isso se aplica aos átomos, um com o outro. Eu quero saber de uma molécula com a outra. Vou tentar clarificar a pergunta: como que uma molécula consegue atrair outra? Ligação entre átomos é diferente de ligação entre moléculas.	Fornece A3 e Espera A2 e/ou A6
27	<b>Aluno 3:</b> porque vai passando os elétrons, elas são iguais.	A5
28	<b>Professor:</b> mas será que elas são iguais, são uniformes?	Espera A2
29	<b>Aluno 3:</b> será que é por que possui baixo ponto de fusão e ebulição?	A5
30	<b>Professor:</b> alguém sabe o que significa ponto de ebulição e ponto de fusão?	Espera A4
31	<b>Alunos:</b> é a temperatura.	A5
32	<b>Professor:</b> o que acontece com as moléculas quando ocorre fusão, quando elas se fundem?	Espera A2, A8 e/ou A6
33	<b>Alunos:</b> elas se juntam.	A6

**Quadro 179. Análise dos argumentos dos professores e alunos segundo Mendonça e Justi (2009), escola A.**

Nesta turma, toda a discussão ocorreu com a apresentação de apenas um grupo, que, desencadeando a discussão fomentada pelo professor, utilizamos as classificações propostas por Mendonça e Justi (2009) para analisar cada fala da discussão a fim de identificar o papel do professor na argumentação dos seus alunos.

Ficou evidente que os argumentos dos alunos são muito objetivos e, muitas vezes, não apresentam justificativas, apenas hipóteses, como se

fossem afirmações. Para identificar a fundamentação do argumento do aluno, o professor realizou perguntas tentando provocar uma reflexão (A2) para ocorrer reelaboração da hipótese (A8) que contenha justificativas (A5) fundamentadas (A6) em dados ou evidências (A3).

Após o argumento 1, o professor prontamente procurou identificar a fundamentação da hipótese apresentada, fomentando questionamentos. No argumento 2, o aluno realizou uma tentativa de propor justificativas. Na seqüência, o professor procurou fundamentos da justificativa elaborada com base em algum dado ou evidência. Em seguida, no argumento 5, o aluno 3 conseguiu fundamentar sua justificativa e utilizou termos científicos adequados.

Este trecho da discussão foi fundamental, pois, nele, os alunos reconheceram os conceitos que fundamentariam a discussão sobre o fenômeno, e só foi possível conseguir observar essas informações na manifestação do aluno com o auxílio do professor, que, ao invés de dar a resposta pronta, buscou a reflexão acerca das evidências para explicar e fundamentar o fenômeno.

Nos próximos trechos da discussão, os professores tentaram aprofundar o diálogo na direção de outros conceitos envolvidos no fenômeno e procuraram realizar uma busca por novas hipóteses por meio de reflexões sobre algumas evidências, porém, a evolução não ocorreu. Os alunos não conseguiram atingir os objetivos propostos pelos professores na elaboração do minicurso. Esta situação foi discutida na avaliação da proposta investigativa.

### **Escola B**

Nesta escola, a discussão pode ser dividida, pois todos os grupos apresentaram suas hipóteses separadamente.

#### **Trecho 1:**

Nº	Argumentos	Classificação segundo Mendonça e Justi (2009).
1	As moléculas da água se atraem, que nem no copo d'água, e quando o lagarto passa correndo, ele bate o pé forte e rápido, de chapa, não dando tempo das moléculas se desunirem e, aí,	A8

ele consegue andar sobre a água.
----------------------------------

**Quadro 18. Análise dos argumentos dos professores e alunos segundo Mendonça e Justi (2009), trecho 1, escola B.**

Neste trecho, o argumento do aluno foi aceito pelo professor, e foi possível visualizar isso devido à não intervenção do mesmo. O aluno não demonstrou conhecer os termos adequados, possíveis de serem relacionados com determinados fenômenos. É possível identificar isto quando o aluno, ao se expressar, diz “desunirem” para relacionar a separação das moléculas, no sentido de romper as interações intermoleculares.

### Trecho 2:

Nº	Argumentos	Classificação segundo Mendonça e Justi (2009).
2	<b>Aluno:</b> depende da temperatura da água, se água estiver quente, as moléculas não vão estar juntas e se a água estiver fria, as moléculas vão estar juntas, vão estar fortes, daí, o lagarto consegue passar.	A8
3	<b>Professor:</b> e o que você escreveu aí, não tem nada a ver com o que você falou, leia para a sala.	Espera A3, A8
4	<b>Aluno:</b> a água suporta o peso, porque as moléculas estão unidas.	A5

**Quadro 1910. Análise dos argumentos dos professores e alunos segundo Mendonça e Justi (2009), trecho 2, escola B.**

No trecho 2, ocorreu a interferência do professor que busca identificar as características intrínsecas do argumento elaborado pelo aluno e percebe que o argumento apresentado não foi o que haviam escrito. Após a leitura do grupo, o professor preferiu interromper a discussão com esse grupo e discutir com o próximo. Um dos motivos alegados pelo professor foi descobrir se algum grupo havia conseguido elaborar argumentos diferentes contendo conceitos relacionados ao fenômeno em questão.

### Trecho 3:

Nº	Argumentos	Classificação segundo Mendonça e Justi (2009).
5	<b>Aluno:</b> ele consegue passar pela água por causa da tensão superficial.	A8

6	<b>Professor:</b> o que é tensão superficial?	Espera A3, A7
7	<b>Aluno:</b> a água é mais forte que a massa do corpo do lagarto.	A5
8	<b>Professor:</b> então, a diferença é de massa? O lagarto é mais leve que a água?	Espera A2
9	<b>Aluno:</b> sim... e a tensão superficial quebra a... (incompreensível)	A5

**Quadro 2011. Análise dos argumentos dos professores e alunos segundo Mendonça e Justi (2009), trecho 3, escola B.**

Mais uma vez, ocorre a interferência do professor para descobrir os conceitos utilizados pelo aluno na elaboração de sua hipótese e, neste trecho, os argumentos utilizados pelos alunos não tinham fundamentos científico, pois não conseguiram desenvolver a discussão sobre o fenômeno e o professor parece não ter conseguido auxiliar a formulação de novos argumentos para o aluno, pois, ao questionar o que é tensão superficial, espera que o aluno conceitue, porém, o aluno não possui estes conceitos. Novamente, ao questionar o aluno, o professor não favorece a reflexão, pois realiza duas perguntas de uma só vez, “então, a diferença é de massa?” e, antes que o aluno reflita, o professor faz a questão “o lagarto é mais leve que a água?”, prejudicando a reformulação da hipótese e o entendimento do aluno sobre o tema em discussão. Isso deixa claro, novamente, o papel fundamental do professor em orientar e auxiliar a argumentação do seu aluno, podendo ter uma atuação favorável ou que impossibilite a reflexão e reelaboração do argumento do aluno.

#### Trecho 4:

Nº	Argumentos	Classificação segundo Mendonça e Justi (2009).
10	<b>Aluno:</b> a água é mais densa que o lagarto, por isso, que ela suporta ele.	A8
11	<b>Professor:</b> vou te fazer uma pergunta: você consegue colocar sua mão dentro de um copo com água?	Espera A2, A4 e A11
12	<b>Aluno:</b> consigo	A2
13	<b>Professor:</b> você consegue colocar sua mão dentro do lagarto?	Espera A2
14	<b>Aluno:</b> não	A2
15	<b>Professor:</b> qual a diferença entre as moléculas nos dois casos?	Espera A6
16	<b>Aluno:</b> no lagarto, elas estão mais juntas, então, as moléculas de água estão juntas e vão suportar o peso do lagarto.	A6

**Quadro 21. Análise dos argumentos dos professores e alunos segundo Mendonça e Justi (2009), trecho 4, escola B.**

Neste trecho, ocorreu situação semelhante ao trecho 3, em que o professor buscou identificar as fundamentações utilizadas e conseguiu colocar a discussão no rumo esperado, pois o aluno elaborou hipóteses que estavam desconexas com o fenômeno em questão, percebendo isso, o professor realiza alguns questionamentos, esperando que o aluno consiga refletir e reelaborar sua hipótese. Esse fato foi bem-sucedido, pois o aluno finaliza a discussão utilizando evidências e justificativas para argumentar.

### Trecho 5:

Nº	Argumentos	Classificação segundo Mendonça e Justi (2009).
17	<b>Aluno:</b> a hora em que o lagarto pressiona a água, as moléculas de água se juntam e não deixam o lagarto afundar.	A8
18	<b>Professor:</b> o que ocorre para as moléculas de água se agruparem?	Espera A6
19	<b>Aluno:</b> tem que ter atração.	A6
20	<b>Professor:</b> como uma molécula atrai outra?	Espera A7
21	<b>Sala:</b> positivo com negativo.	A7
22	<b>Professor:</b> pólos diferentes?	Espera A2
23	<b>Alunos:</b> sim.	A6
24	<b>Professor:</b> e se forem pólos iguais? O que vai acontecer?	Espera A2 e A6
25	<b>Alunos:</b> se afastam.	A6
26	<b>Professor:</b> então, o lagarto iria afundar. Então, a água possui pólos diferentes que faz com que uma molécula atraia outra. Concordam?	Espera A2 e A6
27	<b>Alunos:</b> sim.	A6

**Quadro 2212. Análise dos argumentos dos professores e alunos segundo Mendonça e Justi (2009), trecho 5, escola B.**

O trecho acima é marcado pela inserção do conceito de pólos pelo professor e isso foi possível devido à justificativa elaborada pelo aluno de que, para ocorrer a atração, devem coexistir cargas opostas. Os alunos aceitaram este conceito, pois a próxima questão do professor “e se forem pólos iguais?”, encaminha os alunos para a resposta “se afastam”. Para que esta situação ocorra, o professor deve estar atento aos argumentos levantados e avaliar rapidamente a possibilidade de inserir novos conteúdos para a discussão. Esse fato não pôde ser observado na outra escola.

**Trecho 6:**

Nº	Argumentos	Classificação segundo Mendonça e Justi (2009).
28	<b>Aluno:</b> então, a força de atração da água consegue suportar o peso do lagarto, por isso, que ele consegue andar sem afundar.	A8

**Quadro 23. Análise dos argumentos dos professores e alunos segundo Mendonça e Justi (2009), trecho 6, escola B.**

Este aluno conseguiu participar com esse argumento, que resume o que ele conseguiu entender com as discussões, demonstrando o importante papel destas atividades na aquisição de novos conhecimentos, pois, no decorrer da atividade, ele conseguiu reunir os dados e as evidências necessárias para elaborar e fundamentar sua hipótese.

O instrumento de análise elaborado por Mendonça e Justi (2009), aplicado nesta etapa do trabalho, permitiu avaliar a interferência do professor e como esta interferência pode ou não auxiliar a formulação de argumentos mais completos e complexos pelos alunos. Considera-se, neste trabalho, que um argumento completo possua, além das características propostas por Osborne *et. al* (2004), os conceitos adequados sobre o fenômeno em discussão.

A utilização do quadro proposto por Osborne *et al* (2004) permitiu analisar a qualidade dos argumentos gerados no minicurso investigativo. Pode-se perceber que, em algumas situações, ocorreram argumentações de nível elevado, pois continham refutações e reelaboração de hipóteses por parte dos alunos, situação que, segundo os próprios autores, são as mais desejadas nas aulas de ciências, pois os alunos estão refletindo sobre a situação e por conseguirem reelaborar hipóteses que são aceitas pelo professor, que, segundo Eemeren *et al* (1996), atua como audiência avaliativa.

Já a análise utilizada com a proposta de Mendonça e Justi (2009) permitiu avaliar a participação do professor na elaboração de melhores argumentos dos alunos. O professor tem papel fundamental nesta elaboração, o que pode ser percebido em duas situações distintas. No trecho 3, da escola B, as questões levantadas pelo professor não permitiram a reflexão e reelaboração da hipótese do aluno, impossibilitando o mesmo de reconhecer seu erro. Já no trecho 4, da mesma escola, as questões que o professor fez ao

aluno favoreceram a reflexão do mesmo, o que pode ser concluído com a formulação de um argumento mais completo.

## 6. Considerações Finais

Vários trabalhos realizados na última década vêm destacando a importância da argumentação no Ensino de Ciências. Porém, no ensino de Química, poucos trabalhos são encontrados. Na busca de encontrar como essas argumentações são realizadas em sala de aula, o Ensino por Investigação mostrou-se favorável na abertura de espaços em que esse tipo de atividade pode ser gerada.

Nesta pesquisa, foi possível observar que os alunos sentem muita dificuldade em argumentar suas hipóteses levantadas. Alguns pontos são considerados como causadores dessa situação: insegurança pela presença de professores diferentes e presença de câmeras e gravadores; a falta de conhecimentos necessários para elaborar suas hipóteses ou, até mesmo, a falta de costume de se expressar dentro da sala, o que não ocorre nas aulas tradicionais.

No momento da apresentação das hipóteses entre os grupos de alunos, muitos não conseguiram elaborar seus argumentos sem o auxílio do professor. Portanto pudemos comprovar que o professor tem papel fundamental nesta elaboração e que os alunos esperam isso dele, pois não se sentem prontos ou porque, simplesmente, não conseguem argumentar sozinhos.

Para que nossos alunos sejam acostumados a emitir hipóteses e argumentar sobre suas escolhas, a forma de trabalhar em sala de aula deve ser modificada, com a introdução de atividades que sejam capazes de favorecer tal desenvolvimento. O professor parece ter papel importante nessa mudança de hábito. Portanto, novos investimentos em formação específica devem ser realizados e outras pesquisas sobre eles devem ser feitas para verificar sua eficácia na formação de professores que sejam argumentadores. Parece-nos que essa habilidade é importante na formação de alunos argumentativos, já que os alunos têm como exemplo a conduta dos professores em sala de aula.

Atividades que propiciem espaços argumentativos deveriam ser discutidas e estruturadas na formação inicial de professores para que, quando estiverem em campo de trabalho, estejam acostumados a conduzir discussões entre grupos de alunos.

A utilização dos referenciais da investigação com o uso da argumentação parece ser relevante no Ensino de Ciências, devido à atuação do aluno no processo de investigação (principalmente o levantamento e teste de hipóteses) e discussão de uma hipótese pesquisada com outros alunos e professores por meio do diálogo (argumentação).

Porém, as dificuldades encontradas nos dois referenciais se somam nesta proposta, exigindo preparação do professor para elaborar e conduzir este tipo de atividade. Isso pode ser um fator que prejudique o interesse dos professores que já estão em atividade e que, muitas vezes, não dispõem de tempo e nem oportunidades para tal preparação. Parece, então, que o tema deve ser discutido com maior ênfase na formação inicial de licenciandos, para que apontem suas potencialidades e dificuldades de implantação do método.

Em relação aos alunos, fica evidente que atividades deste tipo devem ser utilizadas desde as séries iniciais, para que ocorra o desenvolvimento da postura necessária tanto para a investigação como para a argumentação.

O objetivo do minicurso investigativo foi focado no momento da elaboração das hipóteses e posterior apresentação das mesmas. O tipo de investigação utilizada, que pode ser classificada como parcialmente investigativa, mostrou que, independentemente de ser parcial ou totalmente investigativa, proporciona um espaço na aula para que ocorra a argumentação dos alunos e dos professores.

Parece-nos que a argumentação é priorizada na elaboração das hipóteses, pois os alunos discutem entre si, selecionando o melhor argumento entre eles mesmos e, depois, este argumento é posto à prova na discussão com o professor e o restante da sala. Neste momento, a argumentação está sendo privilegiada e a proposta investigativa auxilia no engajamento dos alunos, justificando a escolha desta proposta para possibilitar a argumentação.

Apesar de ter proporcionado a argumentação dos alunos, novas pesquisas devem ser realizadas para relacionar o tipo de investigação ocorrida com a qualidade da argumentação gerada durante as atividades. Uma questão importante que necessita de uma melhor e mais ampla investigação:

- Uma atividade investigativa mais completa poderia possibilitar situações argumentativas mais complexas, em que alunos poderiam

testar suas hipóteses com experimentos e, assim, discutiriam, além das hipóteses, como comprová-la?

Segundo Eemeren et al (1996), no avanço da argumentação, argumentadores apresentam seus argumentos para a aprovação do público. Em princípio, o próprio ato de argumentar envolve um apelo, para melhor ou para pior, à razoabilidade da audiência. Em uma avaliação razoável, a audiência deve determinar até que ponto a argumentação do ponto de vista o torna aceitável.

O apelo à razoabilidade seria inútil se a audiência não for capacitada para avaliar a argumentação como um juiz racional. Para cumprir com este requisito, o público deve avaliar a argumentação com base em padrões de norma, no caso das discussões em salas de aula, através de conceitos.

No caso das discussões geradas na sala de aula, a audiência avaliadora parece ser apenas o professor, que é o detentor do conhecimento e que pode contra-argumentar até o ponto do estabelecimento do consenso em sala. Seria mais proveitosa se a discussão para atingir o conhecimento fosse feita pelos alunos e apenas mediada pelo professor. Para tal situação, os alunos deveriam estar acostumados a atividades que favoreçam as discussões em sala. Por isso, parece-nos que este tipo de atividade deve ser desenvolvida desde as séries escolares iniciais.

Outro aspecto de relevância para o ensino trazido por Eemeren et al (1996) é que, na prática, argumentadores abordam um público com o objetivo de justificar ou refutar um ponto de vista e, em geral, presumem que existem certos padrões disponíveis para avaliar a qualidade da argumentação. Eles também presumem que essas normas serão aplicadas pelo público na avaliação da argumentação. Caso contrário, a sua argumentação seria inútil. Isso indica que o uso da argumentação vai muito além do que um aluno compartilhando suas idéias. No caso de uma sala de aula, os outros alunos devem estar situados, preferencialmente, no mesmo nível de conhecimento, pois, dessa maneira, todos poderão avaliar o argumento.

Além das atividades, o professor deve estar preparado para favorecer a argumentação. Na apresentação de uma hipótese por um estudante, o professor é o responsável pela continuidade das discussões, portanto, cabe a

ele o incentivo de novos argumentos serem elaborados, principalmente, contrargumentando com os alunos. Se o professor atuar de maneira autoritária, poderá interromper o processo de discussão.

O Ensino por Investigação faz uso da argumentação e, se os alunos estiverem acostumados a este tipo de atividade discursiva em sala, as atividades propostas podem ser elevadas a outros níveis de discussão. Nas aulas de Ciências, muito se tem discutido a importância da argumentação para favorecer a enculturação da ciência, pois a investigação torna a aula um espaço de discussões sobre conceitos científicos.

Na realidade atual do nosso país, em que muitos alunos estão desinteressados em aprender Ciência, a utilização da investigação parece ser uma atividade modificadora desse quadro, pois os alunos se concentram e participam assiduamente das atividades. Nessa participação, eles fazem o uso da argumentação, principalmente na discussão sobre as hipóteses levantadas.

A realização do trabalho em grupo é interessante, pois o aluno não se sente isolado ou constrangido. Como os grupos são escolhidos por afinidade, eles se sentem com liberdade para expor suas idéias e têm consciência de que suas opiniões irão passar por uma pré-avaliação. Isso os torna mais confiantes em emitir hipóteses.

A história nos mostra que os conceitos científicos foram aceitos pela comunidade científica através de debates. Assim, as atividades investigativas transformam a sala em uma mini-comunidade científica, onde o debate é conduzido pelo professor, que dará o aval para a hipótese levantada pelos alunos ou possibilitará a busca por novas hipóteses.

Segundo Capechi e Carvalho (2002), um grande obstáculo para o desenvolvimento de tarefas que proporcionem discussões em sala de aula é a dificuldade do professor em organizá-las, desde a administração da gradativa adaptação dos alunos ao processo de ouvir os colegas, até o direcionamento de suas questões para uma sistematização de idéias. Portanto, o acompanhamento da forma com que os professores administram o processo, como intervêm com o intuito de dar suporte à fala dos alunos durante o trabalho com atividades envolvendo argumentação, é essencial para que seu desenvolvimento seja possível.

A elaboração de atividades investigativas e argumentativas na formação de professores mostra significativa contribuição no auxílio da superação desta dificuldade. Os professores em formação, que elaboraram e aplicaram a atividade deste tipo de metodologia, possuem um espaço privilegiado para buscarem melhorias, que é a disciplina de estágio, pois a apresentação das vantagens e desvantagem, após o minicurso, serve como avaliação e novas sugestões podem ser levantadas para as próximas atividades. Situação que privilegia a reflexão sobre sua própria atuação.

O professor, que possui papel de mediador das discussões, necessita de experiência em atividades deste tipo. Uma situação que chamou nossa atenção foi no momento das discussões das hipóteses: no planejamento da aula, assuntos como geometria molecular e polaridade estavam no objetivo e imaginava-se que seriam contemplados durante a discussão, porém, isso não ocorreu. Os professores em formação conseguiram detectar essa situação e focaram a discussão somente na interação entre as moléculas.

Os licenciandos, quando perceberam que algumas discussões não evoluiriam devido ao nível conceitual exigido, buscaram limitar os conceitos na discussão. Esta atitude possibilita que o assunto seja tratado de maneira mais completa e os alunos tenham a oportunidade de compreender o conceito com maior eficácia. Assim, a atuação dos professores foi importante, pois conseguiram detectar um obstáculo e reorganizar a atividade.

Um dos fatores que pode ser atribuído para o não avanço das discussões está na apresentação dos conceitos prévios, que parecem não dar o suporte para outros conceitos a serem discutidos, como a geometria e a polaridade de moléculas covalentes. Isso evidencia a importância da preparação da atividade ser baseada nas características dos alunos, que podem ser evidenciadas pelo professor durante o ano letivo. No nosso caso, não conhecíamos os alunos, fator que nos prejudicou neste aspecto.

Após as análises da argumentação, concluímos que a atividade investigativa propicia a criação de espaços nas salas de aula para que ocorra a argumentação dos alunos, e também que o professor tem papel fundamental, tanto na investigação quanto na argumentação, pois pode interferir auxiliando ou prejudicando a atuação do seu aprendiz. Porém, a realização das atividades investigativas nas salas de aulas deve ser planejada e estruturada de acordo

com as características dos alunos que irão participar da atividade e do próprio professor, a fim de transformá-las em situações em que os alunos se interessem em participar e que proporcionem o aprendizado de conceitos científicos. Porém, outras pesquisas devem ser feitas para minimizar os obstáculos encontrados, principalmente, na formação de professores, que deveria favorecer e se aprofundar em discussões sobre as situações de sala de aula que podem privilegiar a formação de alunos críticos e reflexivos.

## Referências

AUSUBEL, P.D.; HANESIAN, H.; NOVAK, J.D. **Psicología Educacional**. 2.ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

BIANCHINI, T. B. A Investigação Orientada como Estratégia para o Ensino de EletroQuímica. **Monografia**. Bauru: UNESP, 2008.

BIANCHINI, T.B.; ZULIANI, S.R.Q.A. A Investigação Orientada Como Instrumento Para O Ensino De EletroQuímica. **Anais VII Enpec**, 2009.

BIANCHINI, T.B.; ZULIANI, S.R.Q.A. Utilizando a Metodologia Investigativa para diminuir as distâncias entre os alunos e a EletroQuímica . **Anais XV Eneq**, 2010.

BEHRING, J.L; MACHADO, M.L.C; BARCELLOS, I.O. Uma adaptação no método do peso da gota para determinação da tensão superficial: um método simplificado para a quantificação da cmc de surfactantes no ensino da Química. **Química Nova**, Vol. 27, No. 3, 492-495, 2004.

CAÑAL, P. “El análisis didáctico de la dinámica del aula: tareas, actividades y estrategias de enseñanza”, In: PERALES, F. J., y CAÑAL, P.: **Didáctica de las Ciencias Experimentales. Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias**. Alcoy, Marfil, pp.209-238, 2000.

CAÑAL, P. L.; LLEDO, A. I. ; P OSUELOS, F. J. ; TRAVÉ, G. **Investigar en la escuela: elementos para una enseñanza alternativa**. Díada Editora: Sevilla, 1997.

CAÑAL, P. L. ; POSUELOS, F. J. ; TRAVÉ, G. Como enseñar investigando? Análisis de las percepciones de tres equipos docentes con diferentes grados de desarrollo profesional. **Revista Iberoamericana de Educación**. Madrid: v. 39, n. 5, 2006.

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 , No 2 2002.

CAPECCHI, M. C. V. M. **Aspectos da cultura científica em atividades de experimentação nas aulas de física**. 2004. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004a.

CAPECCHI, M. C. V. M. . Argumentação numa aula de física. In: Anna Maria Pessoa de Carvalho. (Org.). **Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática**. 1a. ed. São Paulo: Thomson, v. único, p. 59-76, 2004b.

CHASSOT, A. **Alfabetização Científica**: questões e desafios para a educação. Ijuí: Ed. Unijuí, 2003.

CHAVES, J.H.; COUTINHO, C.P.; "O estudo de casos na investigação em Tecnologia Educativa em Portugal" **Revista Portuguesa de Educação**, 2002, 15(1), PP. 221-243.

COSTA, A. Desenvolver a capacidade de argumentação dos estudantes: um objetivo pedagógico fundamental. **Revista Iberoamericana de Educación**, 46(5), 2008.

CURI, D. Polímeros e interações intermoleculares. **Química Nova na Escola**. nº23, 2006.

DEL CARMEN, L. La investigación en el aula: análisis de algunos aspectos metodológicos. **Investigación en la Escuela**, 1988.

DRIVER, R.; NEWTON, P.; OSBORNE, J. Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. **Science Education**, 84, p. 287-312, 2000.

DUSCHL, R. A. Más Allá Del Conocimiento: Los Desafíos Epistemológicos Y Sociales De La Enseñanza Mediante El Cambio Conceptual. **Enseñanza de Las Ciencias**, 13 (1), 3-14, 1995.

FERREIRA, G. L.; COSTA, V. C.; ARAUJO, M. H. Diminuição do amido em bananas maduras: um experimento simples para discutir ligações Químicas e forças intermoleculares. **Anais XIV ENEQ**, Curitiba, PR, 2008.

GARCIA BARROS, S; MARTINEZ LOSADA, M.C. y MONDELO ALONSO, M. El Trabajo Práctico, Una Intervencion para La Formacion de Profesores. **Enseñanza de Las Ciencias**, 13 (2), p.203-209, 1995.

GIL, D. Contribución de La Historia y Filosofía de lãs Ciências AL desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investidación. **Enseñanza de lãs Ciências**, , 78 (3), 301-315, 1993.

GIL PEREZ, D; VALDES CASTRO, P. La Orientación de Las Prácticas de Laboratorio como Investigación: Un Ejemplo Ilustrativo. **Enseñanza de Las Ciencias**, 14(2), 155-163, 1996.

GRECA, I.M.; SANTOS, F.M.T. Promovendo aprendizagem de conceitos e de representações pictóricas em Química com uma ferramenta de simulação computacional. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias** Vol.4, nº1, 2005.

HODSON, D. Hacia en enfoque más crítico del trabajo de laboratório. **Enseñanza de Las Ciencias**, 12(3), 299-313, 1994.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M.P.; DÍAZ DE BUSTAMANTE, J. Discurso de aula y argumentación en la clase de Ciencias: Cuestiones Teóricas y Metodológicas. **Enseñanza de las Ciencias**, 21 (3), p. 259-370, 2003.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M.P.; ERDURAN, G.; **Argumentation in Science Education: An Overview**, 2002.

JIMENEZ-ALEIXANDRE, M. P., A argumentação sobre questões sócio-científicas: processos de construção e justificação do conhecimento na aula. In: **V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, Bauru, 2006.

KUHN, D. Science as argument: Implications for teaching and learning scientific thinking. **Science Education**, 77, p. 319-337, 1993.

LEMKE, J. L. **Aprender a Hablar Ciencia: Lenguaje, Aprendizaje y Valores**. Barcelona: Paidós, 1997.

MARCONDES, M. E. R.; FERNANDEZ, C. Concepções dos Estudantes sobre Ligação Química. **Química Nova na Escola**, nº 24, 2006.

MATEUSA, J.A.; MLINA, M. F.; FARIAS, D. Trabajo en el Laboratorio de Química General por medio Proyectos de Investigación. **Actas** de las VII Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Química, Abril 2006.

MENDONÇA, P.C.C.; JUSTI, R. Proposição de um instrumento para avaliação de habilidades argumentativas – parte i – fundamentos teóricos. **VII ENPEC**, Florianópolis, 2009.

MORTIMER, E. F. Construtivismo, mudança conceitual e Ensino de Ciências: para onde vamos? **Investigações em Ensino de Ciências** – V1(1), pp.20-39, 1996.

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**, Vol. 7, PP. 283-306, 2002.

MOZZER, N.B; JUSTI,R. Concepções de alunos de Ciências sobre estrutura atômica e ligação Química expressas em suas comparações. **IV Colóquio Internacional Educação e Contemporaneidade**, 2010.

MUNFORD, D.; CASTRO E LIMA M. E. C. de. Ensinar Ciências por investigação: em quê estamos de acordo? **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Vol. 9, No 1 2009.

NASCIMENTO, S. S.; VIEIRA, R. D.; Contribuições e limites do padrão de argumento de Toulmin aplicado em situações argumentativas de sala de aula de Ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. Vol. 8 No 2, 2008.

OSBORNE, J.; ERDURAN, S.; SIMON, S. Enhancing the Quality of Argumentation in School Science. **Journal Of Research In Science Teaching**, Vol. 41, Nº 10, p. 994–1020, 2004.

PEREIRA, A. D. **Uma proposta teórico-experimental de seqüência didática sobre interações intermoleculares no ensino de Química, utilizando variações do teste da adulteração da gasolina e corantes de urucum.** Dissertação Mestrado. Universidade Federal Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2004.

PÉREZ, G.F.F. Un modelo didáctico alternativo para transformar la educación: el modelo de investigación en la escuela. **Scripta Nova**. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales. Barcelona: Universidad de Barcelona, n. 64, 2000.

POZUELOS ESTRADA, F. J., TRAVÉ GONZÁLEZ, G., CAÑAL DE LEÓN, P. Acerca de como el Profesorado de Primaria Concibe y Experimenta los Procesos de Investigación Escolar. **Revista de Educación** 2007.

PINTRICH, G. L.; MARX, R.W.; BOYLE, R. A. Beyond Cold Conceptual Change: The Role of Motivational Beliefs and Classroom Contextual Factors in the Process of Conceptual Change. **Review of Educational Research**, 63 (2), 167-199, 1993.

RITCHIE, S.M.; RIGANO, D.L. Laboratory Apprenticeship through a Student's Research Project. **Journal of Research in Science Teaching**, 33(7), p.799-815. 1996.

SAYÃO L. F. **Modelos Teóricos em Ciências da Informação-Abstração e Método Científico.** Ci. Inf. Brasília, v.30, n.1 p. 82-91, jan/abr 2001.

SCHNETZLER, R. P. A pesquisa em ensino de Química no Brasil: conquistas e perspectivas. **Química Nova**, v.25, supl.1, p.14-24, 2002.

SUART, R. C.; MARCONDES, M. E. R. Atividades experimentais investigativas: habilidades cognitivas manifestadas por alunos do Ensino Médio. **Anais ENEQ** 2008.

TARDIF, M. Saberes profissionais dos professores e conhecimentos universitários: elementos para uma epistemologia da prática profissional dos professores e suas conseqüências em relação à formação para o magistério. **Revista Brasileira de Educação**, v. 13, 2000.

TOULMIN, S. The uses of argument. Cambridge: Cambridge University Press, 1958.

VAN EEMEREN, F. H.; GROOTENDORST, R.; KRUIGER, T. **Handbook of argumentation theory: a critical survey of classical backgrounds and modern studies.** Dordrecht: Foris Publications Holland, 1987.

VASCOLCELOS, D. D. **Estudo das Concepções dos Estudantes do Ensino Médio Sobre as Ligações Químicas.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

YIN, Robert. **Case Study Research: Design and Methods** (2ª Ed) Thousand Oaks, CA: SAGE Publications, 1994.

ZULIANI, S. R. Q. A. A Utilização da Metodologia Investigativa na aprendizagem de Química experimental. **Dissertação de Mestrado**. Bauru: - UNESP - Campus de Bauru, 2000.

ZULIANI, S. R. Q. A. & ÂNGELO, A. C. D. A utilização de metodologias alternativas: O método Investigativo e a aprendizagem de Química. In Nardi R. (org.) **Educação em Ciências: da pesquisa à prática docente**. São Paulo: Escrituras Editora, 2001.

ZULIANI, S. R. Q. A. Prática de Ensino de Química e Metodologia Investigativa: Uma Leitura Fenomenológica a partir da Semiótica Social. **Tese de Doutorado**, São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2006.

ZULIANI, S. R. Q. A. et al. Concepções espontâneas, o currículo e a transposição didática: avaliando a reestruturação de idéias em um curso universitário. **Anais VII Enpec**, 2009.

## Apêndices

### Apêndice 1 – Transcrição da apresentação e discussão das hipóteses na escola A

**Aluno 1:** a água suporta a pressão exercida pelo lagarto, por isso, ele não afunda.

**Professor:** como é que a água consegue suportar essa pressão, essa força exercida pelo lagarto?

**Aluno 2:** porque as moléculas estão juntas.

**Professor:** o que deixam elas juntas?

**Aluno 3:** ocorre uma interação entre as moléculas que dá uma resistência para que o lagarto não afunde.

**Professor:** alguém sabe como ocorre essa interação? Como que as moléculas covalentes atraem as outras?

**Aluno 3:** pelos elétrons que ficam em volta, daí, atraem outras moléculas.

**Professor:** o que tem que ter para uma molécula atrair a outra?

**Aluno 4:** uma tem que ser negativa e a outra positiva.

**Professor:** mas como uma molécula de água atrai outra molécula de água?

**Aluno 5:** tem que ter uma cola, um imã.

**Professor:** porque o Superbonder® é uma cola bem forte? O que acontece para colar?

**Aluno 3:** porque tem uma substância que gruda na outra.

**Professor:** tudo bem, mas vamos tentar utilizar os termos corretos, o que será que significa uma molécula colar na outra?

**Alunos:** se unem.

**Professor:** mas como ocorre essa união, como eles se unem?

**Alunos:** atração de cargas opostas.

**Professor:** muito bem, o termo em questão é a atração. Agora, vamos retomar a questão: como uma molécula de água atrai a outra?

**Alunos:** ocorre a atração de uma molécula com as outras.

**Professor:** mas como ocorre essa tração, o que gera a atração?

**Alunos:** porque elas são iguais, são negativas.

**Professor:** mas, se são negativas, não vai ocorrer atração.

**Aluno 6:** por que são ametais?

**Professor:** não, ametais são negativos.

**Aluno 6:** como elas compartilham elétrons, uma molécula puxa a outra.

**Professor:** esse é o motivo delas serem covalentes e isso se aplica aos átomos, um com o outro. Eu quero saber de uma molécula com a outra. Vou tentar clarificar a pergunta: como que uma molécula consegue atrair outra? Ligação entre átomos é diferente de ligação entre moléculas.

**Aluno 3:** porque vai passando os elétrons, elas são iguais.

**Professor:** mas será que elas são iguais, são uniformes?

**Aluno 3:** será que é por que possui baixo ponto de fusão e ebulição?

**Professor:** alguém sabe o que significa ponto de ebulição e ponto de fusão?

**Alunos:** é a temperatura.

**Professor:** o que acontece com as moléculas quando ocorre fusão, quando elas se fundem?

**Alunos:** elas se juntam.

## **Apêndice 2 – Transcrição da apresentação e discussão das hipóteses na escola B**

### **Aluno 1 (sem interferência do professor):**

**Aluno:** as moléculas da água se atraem, que nem no copo d'água e, quando o lagarto passa correndo, ele bate o pé forte e rápido, de chapa, não dando tempo das moléculas se desunirem e ai ele consegue andar sobre a água.

### **Aluno 2 (com interferência do professor):**

**Aluno:** depende da temperatura da água, se água estiver quente, as moléculas não vão estar juntas e se a água estiver fria, as moléculas vão estar juntas, vão estar fortes, daí, o lagarto consegue passar.

**Professor:** e o que você escreveu ai, não tem nada a ver com o que você falou, leia para a sala.

**Aluno:** a água suporta o peso porque as moléculas estão unidas.

### **Aluno 3 (com interferência do professor):**

**Aluno:** ele consegue passar pela água por causa da tensão superficial.

**Professor:** o que é tensão superficial?

**Aluno:** a água é mais forte que a massa do corpo do lagarto.

**Professor:** então, a diferença é de massa? O lagarto é mais leve que a água?

**Aluno:** sim... e a tensão superficial quebra a... (incompreensível)

### **Aluno 4 (com interferência do professor):**

**Aluno:** a água é mais densa que o lagarto, por isso, que ela suporta ele.

**Professor:** vou te fazer uma pergunta: você consegue colocar sua mão dentro de um copo com água?

**Aluno:** consigo.

**Professor:** você consegue colocar sua mão dentro do lagarto?

**Aluno:** não.

**Professor:** qual a diferença entre as moléculas nos dois casos?

**Aluno:** no lagarto, elas estão mais juntas, então, as moléculas de água estão juntas e vão suportar o peso do lagarto.

**Aluno 5 (com interferência do professor):**

**Aluno:** a hora em que o lagarto pressiona a água, as moléculas de água se juntam e não deixam o lagarto afundar.

**Professor:** o que ocorre para as moléculas de água se agrupar?

**Aluno:** tem que ter atração.

**Professor:** como uma molécula atrai outra?

**Sala:** positivo com negativo.

**Professor:** pólos diferentes?

**Alunos:** sim.

**Professor:** e se forem pólos iguais? O que vai acontecer?

**Alunos:** se afastam.

**Professor:** então, o lagarto iria afundar. Então, a água possui pólos diferentes que faz com que uma molécula atraia outra. Concordam?

**Alunos:** sim.

**Aluno 6 (sem interferência do professor):**

**Aluno:** então, a força de atração da água consegue suportar o peso do lagarto, por isso, que ele consegue andar sem afundar.

### **Apêndice 3 – Transcrição das hipóteses escritas da escola A**

**Grupo 1:** “conforme a velocidade e a força de impacto que se opõe sobre a água faz com que o animal consiga andar sobre a água.”

**Grupo 2:** “as moléculas de cada um não se atraem; as moléculas da água suportam a do lagarto. Isso acontece porque as moléculas da água são mais juntas e as do lagarto mais separada. Isso faz com que os dois não se unam.”

**Grupo 3:** “ocorre uma interação entre as moléculas que dá uma resistência para que não afunde, tem também a velocidade do lagarto e a pressão que ele exerce sobre a água.”

#### **Apêndice 4 – Transcrição das hipóteses escritas da escola B**

**Grupo 1:** “para que as moléculas se juntem, a água deve ser sólida e para mantê-las para a temperatura da água tem que estar baixa, assim formando uma camada sobre a água.”

**Grupo 2:** “os dedos unidos do lagarto, a pressão que ele exerce sobre a água. Porque as partículas estão atraídas, acontece uma ligação covalente.”

**Grupo 3:** “hipótese 1: pelo fato do nosso corpo ter mais massa que a dele; hipótese 2: pelo fato das moléculas da para se atrair com a água; hipótese 3: por causa da tensão superficial.”

## **Anexos**

### **Anexo 1 – Plano de Aula**

**Tempo Previsto:** 3 Horas

**Tema:** Forças Intermoleculares

**Conteúdos:** Ligação Química; Interação entre as Substâncias; Geometria Molecular, Polaridade, Tipo de forças Intermoleculares; Solubilidade

**Objetivos:** Compreender as forças intermoleculares que existem entre as substâncias, assim como compreender como alguns insetos podem andar sobre a água.

**Objetivos Específicos:**

- Interpretar a ligação química em termos de atração e repulsões entre os elétrons e núcleos, diferenciando os tipos de ligações;
- Compreender as interações entre as substâncias, relacionando-as às propriedades das substâncias de maneira a ampliar o entendimento do mundo físico;
- Diferenciar as diferentes geometrias moleculares, de acordo com as estruturas das substâncias;
- Reconhecer a polaridade das estruturas moleculares, relacionando a força eletronegativa dos átomos;
- Diferenciar os tipos de forças intermoleculares, discutindo a influência dessas forças na Temperatura de Ebulição;
- Discutir o conceito de solubilidade, assim com sua influência nas forças intermoleculares;

**Conteúdo Programático:**

- Compreender as ligações químicas, assim como elas são estabelecidas, formando os diferentes tipos de ligação, mostrando exemplos de ligação, iônica, covalente e metálica.
- Questionar a união entre as moléculas, a difusão das moléculas de água em um copo, e a formação de um objeto sólido, compacto, quando a água é resfriada, relacionando com a geometria da molécula.

- Compreender o conceito da existência de moléculas polares e apolares, através do conceito básico da Química, que é o da **eletronegatividade**, e relacioná-lo com o formato das moléculas.
- Conceitualizar forças intermoleculares de acordo com sua origem eletrônica e, com isso, diferenciar essas forças de ligações iônicas e covalentes. As forças intermoleculares são também responsáveis pelas **diferenças nas temperaturas de ebulição** de vários isômeros constitucionais orgânicos, isto é, moléculas orgânicas que possuem a mesma fórmula molecular (e, por consequência, a mesma massa molar), mas tem pontos de ebulição normal diferentes.
- Relacionar a solubilidade com a regra “Semelhante dissolve semelhante”. Exemplificando a gasolina que possui caráter apolar, sendo assim, ela só se dissolverá em um solvente apolar, o que não é o caso da água, que se classifica como composto polar.
- Realização de experimentos, envolvendo interação iodo+amido é do tipo íon-dipolo. Esse tipo de interação acontece quando se tem um íon e uma molécula polar e ligações de hidrogênio, como a interação da água, a glicerina e o açúcar.

**Estratégias:**

Levantamento dos conhecimentos prévios; experimentação para coleta de dado; proposição de questões para análise dos resultados; elaboração de conclusões; discussão geral.

**Recursos:**

- Material experimental;
- Data show

**Avaliação:** Respostas às questões e exercícios, elaboração de conclusões e outros.

## **Anexo 2 – Materiais para o experimento realizado**

Experimento: diminuição do amido em bananas maduras: um experimento simples para discutir ligações químicas e forças intermoleculares.

Materiais:

- Bananas em diferentes graus de maturação e de diferentes espécies.
- Tintura de iodo 2%.
- Faca
- Copo
- Conta- gotas

Procedimento:

- 1) Selecionar bananas em diferentes graus de maturação e de diferentes espécies.
- 2) Preparar a solução de iodo no copo: 20mL de água e 20 gotas de tintura de iodo 2%.
- 3) Cortar 1 fatia de cada banana numa espessura de aproximadamente 0,5cm.
- 4) Com o conta-gotas, colocar 2 gotas da solução preparada sobre cada fatia de banana.
- 5) Observar e anotar as observações. Atenção principalmente quanto à coloração da solução.

### **Anexo 3 – Experimento da gasolina (não realizado)**

Experimento: verificar a qualidade da gasolina.

Materiais:

- 10 ml de água
- 10 ml de gasolina
- 1 proveta de 25 ml
- 1 rolha para tampar a proveta
- 1 pipeta de 10 ml (ou seringa hipodérmica)

Procedimento:

Usando a pipeta (ou a seringa hipodérmica), coloque 10 ml de gasolina na proveta. A seguir, adicione 10 ml de água, tampe a proveta com a rolha e agite a mistura água-gasolina. Após deixar o sistema em repouso para que ocorra a separação das fases, determine o volume de cada fase. Então, calcule o teor porcentual de álcool na amostra de gasolina.

#### **Anexo 4 – Experimento da bolha de sabão resistente (não realizado)**

Materiais:

- Água
- Agora com Haste ou canudo de refrigerante.
- Glicerina
- Açúcar
- Detergente

Procedimento:

Misturar os componentes e deixar e geladeira durante um ou dois dias.

## Anexo 5 – Imagens utilizadas na apresentação



Imagem retirada do vídeo



Imagem utilizada na apresentação