

O método investigativo em aulas teóricas de Química: estudo das condições da formação do espírito científico

Ana Cláudia Kasseboehmer e Luiz Henrique Ferreira

Departamento de Química, Universidade Federal de São Carlos, Brasil, E-mails: claudiaka@gmail.com, ferreiraufscar@gmail.com

Resumo: Este trabalho teve por objetivo descrever a aplicação de problemas investigativos em aulas teóricas de Química visando compreender a influência do ambiente escolar na formação do espírito científico. O principal referencial teórico que norteou esta pesquisa foi Gaston Bachelard. Observou-se que as atividades de investigação tiveram impactos distintos em duas escolas públicas e uma particular. Os estudantes da escola particular utilizavam os conceitos que aprendiam para elaborar suas hipóteses, evidenciando maior rendimento escolar. Por outro lado, demonstraram menor satisfação em participar e menor liberdade com o trabalho investigativo. Os estudantes das escolas públicas, por sua vez, sentiram maior satisfação em realizar investigações e mostraram maior liberdade na criação de ideias, porém foram prejudicados por problemas conceituais. Os dados e as reflexões desta pesquisa permitem sugerir que para a formação do espírito científico são necessários conhecimento sobre a natureza da ciência, domínio de conceitos científicos e disposição para a imersão em problemas científicos.

Palavras-chave: método investigativo, espírito científico, natureza da ciência, ensino de ciências, ensino de química.

Title: The investigative method in theoretical classes of Chemistry: study of the conditions of formation of scientific spirit.

Abstract: This study aimed to describe the application of investigative problems in chemistry theoretical classes to understand the influence of school environment in the formation of scientific spirit. The main reference that guided this research was Gaston Bachelard. It was noted that investigative activities have different impacts in two public schools and one private. Students in private schools used the concepts they learned to develop their hypotheses, showing greater academic performance. On the other hand, they showed less satisfaction to participate and less freedom in the investigative work. The public school students felt more satisfaction in the investigation and showed greater freedom in creating ideas, but were hampered by conceptual problems. The results of this research suggest that to formation of the scientific spirit are needed: knowledge about the nature of science, the domain of scientific concepts and a desire to immerse themselves in scientific problems.

Keywords: investigative method, scientific spirit, nature of science, science teaching, chemistry teaching.

Introdução

A educação escolar e especialmente o ensino de Ciências mantêm estreita relação com a epistemologia da ciência porque guardam, entre seus objetivos, trabalhar com os estudantes sob as concepções com que novos conhecimentos são produzidos.

Bachelard (2008, p. 11) explica que, para a ciência que predominou até o século XIX, o conhecimento era homogêneo, oriundo da organização da experiência comum à luz de uma “razão universal e estável” com a aprovação final do interesse comum. O cientista “vivia em nossa realidade, manipulava nossos objetos, aprendia com nosso fenômeno, encontrava a evidência na clareza de nossas intuições”.

Apesar dos argumentos do filósofo, expostos a seguir, que demonstram alterações nesses paradigmas que alicerçam a ciência, é possível estabelecer um paralelo e verificar que as escolas, atualmente, seguem uma metodologia de ensino ainda dentro dessa concepção epistemológica. Essa estrutura de ensino de Química pauta-se nos moldes cartesianos, no qual os produtos da ciência são compartimentados e divididos de modo que “tudo fique mais claro”. No entanto, tornou o conhecimento sem sentido e desinteressante para o aluno. O senso de investigação científica se perdeu – se é que existiu algum dia – dando lugar a programas em que se ensinam as partes sem contextualizá-las no todo, ou sem estimular o potencial do raciocínio científico:

“É essa ciência para filósofos que ainda ensinamos a nossos filhos. É a ciência experimental dos decretos ministeriais: pese, meça, conte; desconfie do abstrato, da regra; dirija a mente dos jovens para o concreto, para o fato. Ver para compreender é o ideal dessa estranha pedagogia. Azar se, assim, o pensamento vai do fenômeno mal observado à experiência malfeita. Azar se a ligação epistemológica estabelecida dessa forma vai do pré-lógico da observação imediata à sua verificação sempre infalível pela experiência comum, em vez de ir do programa racional de pesquisa ao isolamento e à definição experimental do fato científico, sempre factício, delicado e oculto” (Bachelard, 2008, p. 12).

Todavia, as descobertas científicas referentes à microfísica sob a ótica da relatividade abalaram as bases em que a ciência se estruturava. Definições antes objetivas passaram a se contradizer e tornou-se mais apropriada a alusão a probabilidades. Um exemplo disso é a compreensão de elétron. Sob a concepção realista, as duas definições para essa partícula – o elétron é um corpúsculo e o elétron é um fenômeno ondulatório – são conflitantes. Todavia, para Bachelard (2009), é esse pensamento racional demasiado linear que pode se tornar obstinado e chegar a um impasse. Já na lógica não aristotélica, não existe contradição, pois as sentenças são pronunciadas de uma maneira diferenciada: “Em certos casos, a função eletrônica resume-se numa forma corpuscular. Em certos casos, a função eletrônica desenvolve-se numa forma ondulatória” (Bachelard, 2009, p. 99).

Dessa forma, Bachelard propõe a ‘filosofia do não’ para analisar a complexidade do pensamento científico moderno, a qual não tem mais como objetivo a busca por verdades ou por conhecimentos que sejam

representações fidedignas da realidade. Essa filosofia não nega regras sistematicamente, mas dialetiza as noções fundamentais, nas quais a ciência se apóia, sendo então mais adequada a essa nova realidade científica e também mais apta a desenvolver o espírito científico. Bachelard (2009) explica que a dialética de que trata esta filosofia não é contraditória como a tese e a antítese de Hegel: uma noção engloba a outra, como a mecânica não-newtoniana engloba a newtoniana. Trata-se, assim, do exercício de manter os resultados constantemente em discussão, numa “ação polêmica incessante da razão” (Bachelard, 2009, p. 117), explorando a capacidade inata da razão de pensar.

Como implicações, levantadas também pelo próprio filósofo, o ensino científico não representa o ensino de conceitos talvez já obsoletos diante de novas descobertas científicas, mas tem o objetivo de ensinar a formular problemas, ou seja, despertar o pensamento abstrato (Bachelard, 1996):

“[o espírito científico] proíbe-nos de ter uma opinião sobre questões que não compreendemos, sobre questões que não sabemos formular claramente. (...) Em primeiro lugar, é preciso saber formular problemas. E, digam o que disserem, na vida científica os problemas não se formulam de modo espontâneo. (...) Para o espírito científico, todo conhecimento é resposta a uma pergunta. Se não há pergunta, não há conhecimento científico. Nada é evidente. Nada é gratuito. Tudo é construído. (p. 18); (...) Em resumo, o homem movido pelo espírito científico deseja saber, mas para, imediatamente, melhor questionar (p. 21)”.

Apesar de esse processo de formação do espírito científico, que passa por uma etapa de desobstrução, não ser trivial e demandar esforço e paciência, Bachelard entende que o espírito é tomado de êxtase na atividade de contestação constante da realidade. O exercício do indivíduo, ao realizar a atividade intelectual de busca pelo conhecimento, leva ao gosto do saber pelo próprio conhecimento, sentindo satisfação pelos desafios propiciados pelos ‘problemas difíceis’: “Quando é bem realizada a psicanálise do pragmatismo, quero saber para poder saber, nunca para utilizar” (Bachelard, 1996, p. 305).

A teoria de Bachelard também é consonante com a de autores atuais cujas formulações caminham para uma reassignificação do papel da escola. No contexto do ensino de Química, defende-se a educação em Ciências para a alfabetização científica que, entre outras nuances, pretende aproximar o estudante do modo de produção da ciência, não resumindo, portanto, a educação ao processo de aquisição de conceitos científicos. Tal como o filósofo, Freire (2006) propõe como papel da escola transformar a curiosidade ingênua do aluno em uma epistemológica. Mortimer (2000) desenvolve o conceito de perfil conceitual e compreende que a educação científica envolve também um processo de crítica no qual o estudante toma consciência das limitações dos modelos construídos pela ciência e desenvolve a habilidade de utilizar seus conhecimentos científicos e/ou cotidianos de acordo com o contexto. Para Vygotsky (citado por Lôbo, 2008, p. 96), o processo educacional implica o domínio de uma nova linguagem o que reflete diretamente na alfabetização científica e na formação para a cidadania: “a aquisição de uma nova linguagem implica adquirir uma nova

estrutura de pensamento, uma nova cultura, uma nova visão do mundo". Outros autores que pesquisam sobre o método investigativo encaminham a prática pedagógica para uma que seja próxima à natureza da ciência e à atividade científica. Por isso, torna-se necessário delinear, se possível for, o que é a prática científica para que seja adaptada ao ambiente escolar.

Vida de cientista

As contribuições da literatura permitem atestar que a atividade científica, de uma maneira geral, não parte de um método científico único. O conhecimento científico é fruto de trabalho social, no qual pensamentos divergentes são questionados (Gil Pérez et al., 2001) e da validação social de uma hipótese, o que confere, então, à teoria o status de ideias que encontraram consenso entre os pares. Popper (1972) define ciências empíricas como a área científica em que cientistas formulam hipóteses ou sistemas de teorias e submetem-nas a testes nos quais elas são confrontadas com observações e experimentos. Hodson (citado por Praia et al., 2002) sugere que a prática científica se alicerça sobre três pilares: a de criação, validação e incorporação de conhecimentos.

Com relação ao primeiro pilar, Praia et al. (2002) explicam que, enquanto na perspectiva empirista, a hipótese é pouco valorizada, na concepção racionalista contemporânea ela ocupa papel central. E apresenta a definição extraída de uma enciclopédia:

"aquilo que hoje em dia, no discurso científico classificamos de hipótese, apenas pode ser considerado como uma paragem provisória do pensamento, seja por conjecturar um facto descrito de modo a ser suscetível de ser estabelecido ou refutado no quadro dos termos que o definem, seja por propor um conceito que justifique provisoriamente a sua coerência e eficácia no raciocínio explicativo dos fenómenos observados ou provocados" (Praia et al., 2002, p. 254).

Os autores acrescentam que o processo de elaboração de hipóteses é complexo e pode ter origem em uma imaginação fértil ou em ideias especulativas as quais se apoiam em um fundo reflexivo. A hipótese articula teorias e norteia a pesquisa.

Não pretendendo defender uma abordagem empirista de ciência, uma vez criadas, as ideias precisam ser validadas. A experimentação é assim desenvolvida não para provar hipóteses, mas para retificar erros nelas contidos. O pesquisador observa os resultados questionando-os em busca de respostas não definitivas. Nesse caso, razão e experiência encontram-se intrinsecamente entrelaçadas, sendo a razão aquela que procura desaprender através de uma metodologia consciente e a experiência científica aquela que busca desmentir as conclusões do senso comum (Fonseca, 2008). A experiência científica é norteadada pela teoria que, com seus olhos, dialoga com o fenômeno e o questiona, buscando respostas que não são definitivas ou suas representações fiéis, mas projeções de possíveis modelos interpretativos do mundo (Praia et al., 2002). Os autores chamam a atenção para o fato de a experiência dificilmente provar as ideias, sendo muito mais fácil falseá-las. Neste aspecto, Popper (1972) explica que uma hipótese é corroborada enquanto resistir aos testes de validação os quais

devem ser severos para que a teoria siga compatível com os enunciados sobre as quais ela foi elaborada.

Segue-se, então, o terceiro pilar da prática científica, no qual as construções são refletidas sistematicamente e as ideias produzidas são confrontadas entre os pares para, então, serem aceitas pela comunidade científica. Isso implica que a atividade científica, sendo essencialmente humana, está permanentemente sujeita às interferências sociais, econômicas e políticas.

As três etapas fundamentais do trabalho do cientista podem ser assim sintetizadas:

Elaboração de hipóteses: consideradas como ideias transitórias construídas para a solução de um problema de maneira coerente e com suporte teórico;

Elaboração de estratégias para verificar a coerência das hipóteses: tem-se o planejamento de experimentos para falsear ou provar a veracidade da ideia inicial o que pode acabar suscitando novas hipóteses e novos experimentos;

Discussão coletiva: as hipóteses elaboradas são apresentadas e difundidas para a comunidade, produzindo uma discussão que leve à aceitação ou à sua refutação.

Outro fator que permeia a atividade científica é a subjetividade cuja compreensão pode ser útil, não apenas como um alerta para seu potencial de interferência. Nouvel (2001) aposta que a unidade que não pode ser encontrada na caracterização de um método científico universal pode estar presente na psicologia científica. A motivação que impele o pesquisador a profissão, a que o autor chama de 'a arte de amar a ciência', traz revelações interessantes e que podem ser aproveitadas para o ensino de Ciências, mesmo porque é sugestiva a defesa do autor de que a reverenciada racionalidade quase desaparece por completo, quando os cientistas são observados em sua individualidade.

Nouvel (2001) explica que o cientista se dedica à pesquisa porque ela é interessante, e não por buscar a verdade. Ela é atraente porque é perpassada por uma sensação de aventura, mistério e imprevistos – visto ser necessário elaborar hipóteses, debruçar-se sobre elas por um período que talvez não resulte em sucesso – que a distanciam da rotina e abrem oportunidade para “uma liberação da mentalidade artista do cientista (...) que quer produzir grandes pensamentos” (p. 95).

Além disso, outras características compõem a psicologia científica: a influência do sentimento, a vontade de ter razão e o prazer que se sente ao presenciar o nascimento de um conceito. A emoção que embala uma nova ideia cria uma sedutora ilusão de que a verdade pode ser encontrada, e

“Que um sentimento de alegria surja quando do nascimento de um conceito no pensamento, que nessa ocasião o pensamento se encontre como que alçado fora da massa indiferenciada do sentimento, da emoção (que agia sem ver, sem se perceber como agente), e então talvez encontraremos a ocasião de perceber alguma particularidade relacionada ao nascimento do conceito. Alguma coisa que era

conhecida sem ser nomeada irá encontrar seu nome. Essa alegria é a alegria de um primeiro encontro. O primeiro encontro da palavra com o que ela designa, o reconhecimento do que é designado pela palavra. Alegria de assistir ao desenvolvimento da potência do conceito com essa maneira de ave de rapina que ele tem de capturar no chão um animal quase impossível de distinguir da massa confusa do solo e de elevá-lo nos ares, tornando-o bem visível, destacando-o do meio indistinto onde sua existência não era nomeada" (Nouvel, 2001, p. 183).

Relação dos estudantes com o conhecimento e a escola

Transpondo o prazer pelo conhecimento científico para o campo do currículo escolar, Santos (2007) explica que as pesquisas sobre estudos culturais desconstruíram a ideia de que seriedade e prazer são conceitos opositivos. Isso tem trazido à tona a importância de tornar a escola um espaço em que o estudante possa sentir-se bem. Entretanto, a autora também alerta para o cuidado que se deve ter com a formulação de currículos superficiais e que busquem prazeres imediatos, o que resultaria mais em desastrosa exclusão social do que em motivação para a aprendizagem. Despertar o gosto pelo conhecimento por seu valor intrínseco parece ainda ser um desafio à escola, gerando a necessidade de reflexão (Santos, 2007, p. 298):

"Torna-se, pois, importante uma reflexão sobre o sentido do prazer que as atividades escolares têm buscado. Seria o prazer trazido pela compreensão de uma questão? Pela descoberta de uma nova possibilidade de conhecer o mundo? Pela maior possibilidade de interagir com o outro através da compreensão de sua realidade? Pelo melhor entendimento dos problemas que nos rodeiam? Pela realização, com sucesso, de uma atividade?"

Para Charlot (2005), essa satisfação com o conhecimento é um dos pontos-chave que levam os estudantes a aprenderem (ou não). A relação com o saber é definida pelo autor como o conjunto de relações que um sujeito estabelece com uma atividade, uma situação, uma pessoa, conectados de alguma maneira ao aprender e ao saber, guardando, por sua vez, uma relação com a linguagem, com o mundo e consigo mesmos.

Os sociólogos procuram explicar a relação com o saber atrelando-a à estrutura de classes e, nesse caso, têm-se distinções entre como as famílias de camadas dominantes e populares veem a escola. No primeiro grupo, essa posição social é perpetuada com a herança do capital econômico e, também, de um capital cultural que a reproduz com o que o autor chama de "a hierarquia dos diplomas" (Charlot, 2005, p. 40). Todavia, os pais e os filhos têm consciência de que o capital cultural não se herda tal qual um patrimônio. A família, assim, investe nesse legado, cobrando as tarefas escolares, suprindo as dificuldades com aulas particulares e investindo maciçamente no patrimônio cultural dos filhos, patrocinando viagens, aulas de balé e de tênis. Ao mesmo tempo, o estudante reconhece que também tem sua função natural no processo e que vencer na escola depende de estudo de sua parte.

No que concerne aos estudantes da periferia francesa, Charlot (2005) defende que eles não apresentam qualquer deficiência intelectual em relação à classe média; entretanto, sua relação com o saber é diferente o que torna a relação com a escola mais difícil. O autor afirma que 75 a 80% dos estudantes estudam para obter um bom emprego que lhes asseguraria uma vida normal, o que, em si, já seria uma conquista social. Pais e filhos reconhecem a importância da escola por vislumbrarem-na como um caminho para obtenção do diploma e, conseqüentemente, do emprego. Charlot (2005) ressalta que também os estudantes de classe média anseiam por um emprego, no entanto, desejam, além dele, a ascensão social.

Demo (2007) contribui para a reflexão sobre a relação entre estudantes e escolas sob outra perspectiva. Ao analisar e comparar o desempenho de escolas públicas e particulares em Língua Portuguesa e Matemática no exame brasileiro Sistema de Avaliação da Educação Básica (Saeb) durante a década de 1995-2005, tece algumas reflexões que corroboram para compreender ambos os sistemas de ensino. O autor explica que existe uma diferença significativa de desempenho entre a escola pública e a particular em favor desta; entretanto, a pontuação abaixo do desejável pelo sistema de avaliação e a queda na atuação desses índices em ambos os sistemas de ensino colocam "todas as redes numa certa vala comum da mediocridade escolar" (Demo, 2007, p. 201).

Para Demo (2007), os sistemas de ensino apresentam distinções, como a implantação dos ciclos e da progressão continuada nas escolas públicas e a maior pressão dos pais, a concorrência de mercado e maior exigência de desempenho dos professores nas particulares, que as tornam menos farsantes. Entretanto, para o autor, há algo em comum que pode ser a explicação para os resultados alentadores. É o que ele chama de instrucionismo e que significa a reprodução sistemática das mesmas aulas, seguidas de provas, e que caminham na contramão dos princípios de aprendizagem defendidos atualmente. Essa perspectiva de ensino inclui o sistema de recompensas e punições o que, para Tapia e Fita (2006), produz efeitos sobre a aprendizagem, no momento em que são aplicados, mas suas conseqüências não são duradouras. Ao mesmo tempo, as recompensas podem ter efeito negativo, dependendo da forma como forem aplicadas.

O método investigativo

O termo "investigativo" vem sendo amplamente utilizado na literatura. Trata-se da questão tanto na formação inicial e continuada de professores nas propostas para torná-los pesquisadores de sua própria prática, quanto para a educação básica. Neste caso, as pesquisas que se referenciam ao termo também são as mais diversas. De uma maneira geral, tem-se a compreensão de que o método investigativo remete à participação ativa da construção do conhecimento, em estreita afinidade com as teorias construtivistas para a educação. Por isso, também é reconhecido como um processo investigativo de ensino, quando o aluno vai a campo para pesquisar e levantar dados para o estudo de um tema.

Como ponto em comum entre todas as estratégias, tem-se a concepção de que o ensino das ciências em uma abordagem problematizadora amplia

os conhecimentos dos estudantes para outros, como os procedimentais e os atitudinais (Suart et al., 2009) e contribui para melhorar a própria compreensão dos conceitos tradicionalmente abordados (Gil Pérez e Vilches, 2006). Os processos de argumentação, de exposição de ideias, de sua defesa ou de seu abandono diante de uma contradição são ricos para a reforma do espírito rumo ao espírito científico e funcionam como medidores de aprendizagem, pois, só se conhecem conceitos quando se sabe discutir, utilizando-os. Além disso, participar de parte das atividades do cientista – pensar em hipóteses, debruçar-se, deixar-se enlevar por um problema científico – pode levar os estudantes a sentirem as mesmas sensações que experimentam os pesquisadores e descritas por Nouvel (2001).

Na metodologia investigativa em atividades experimentais (Chaves e Pimentel, 1997; Ferreira, et al., 2010; Suart e Marcondes, 2009; Suart et al., 2009; Gondim e Mól, 2007), nenhum roteiro é fornecido aos estudantes. A aula inicia-se com uma questão problematizadora, como “Por que não devemos colocar um limão cortado ao meio emborcado sobre a pedra de mármore da pia da cozinha e nem derramar vinagre sobre ela?” (Chaves e Pimentel, 1997) ou “Como determinar a porcentagem de álcool na gasolina?” (Ferreira, et al., 2010). Aos alunos são ensinados os conceitos teóricos necessários à discussão da questão problematizadora, como polaridade, porcentagem e regra de três para a questão proposta por Ferreira, et al. (2010). Os estudantes discutem, em grupo, uma hipótese e uma estratégia de experimentação para confirmar a pertinência ou não da hipótese proposta. Tais trabalhos apresentam resultados satisfatórios em relação à aprendizagem e ao desenvolvimento de competências atitudinais, como espírito de cooperação, reflexão crítica, automotivação e responsabilidade; competências estas que não são observadas em atividades experimentais nas quais um roteiro é seguido.

A pesquisa aqui descrita procura contribuir para sanar a lacuna no que concerne a propostas problematizadoras para aulas teóricas de Química. Tal como ocorre no método investigativo em aulas práticas e na modelagem (Ferreira e Justi, 2008), os estudantes participam ativamente do processo de aprendizagem, comportando-se proximamente ao modo como os cientistas constroem conhecimento. Ao mesmo tempo, a proposta deste trabalho diferencia-se dessas duas últimas sob duas perspectivas. A primeira delas é a ênfase dada ao processo e à elaboração de hipóteses e estratégias em aulas teóricas, buscando-se contribuir para a inclusão de processos investigativos durante o tratamento teórico do conteúdo. Por outro lado, enquanto as outras abordagens centram-se em desenvolver habilidades focando o tratamento ou o ensino de um conteúdo químico, este trabalho busca estudar o impacto de atividades investigativas ao longo do desenvolvimento de diversos conteúdos. A figura 1, a seguir, apresenta uma diferenciação importante entre essas metodologias e o método investigativo (MI) em aulas teóricas, proposta deste trabalho.

Assim sendo, este artigo relata a aplicação de atividades investigativas em aulas teóricas de Química nas quais os estudantes foram convidados a formular possíveis explicações para fenômenos da natureza e processos humanos. O objetivo dessa pesquisa foi analisar quais condições as escolas

estudadas propiciavam para o desenvolvimento do espírito científico em uma metodologia de elaboração de hipóteses pelos estudantes.

Aplicação do método investigativo em aulas teóricas de Química

A pesquisa aqui relatada compreende parte de uma tese de doutorado e foi aplicada durante o ano letivo de 2010 nas turmas de primeiro ano do ensino médio de duas escolas públicas e uma escola particular, totalizando treze salas. Para a coleta de dados, inicialmente foram preparadas onze atividades de investigação que envolviam alguns dos conceitos trabalhados pelos professores como, por exemplo, transformação química, difusão gasosa, pressão e temperatura.

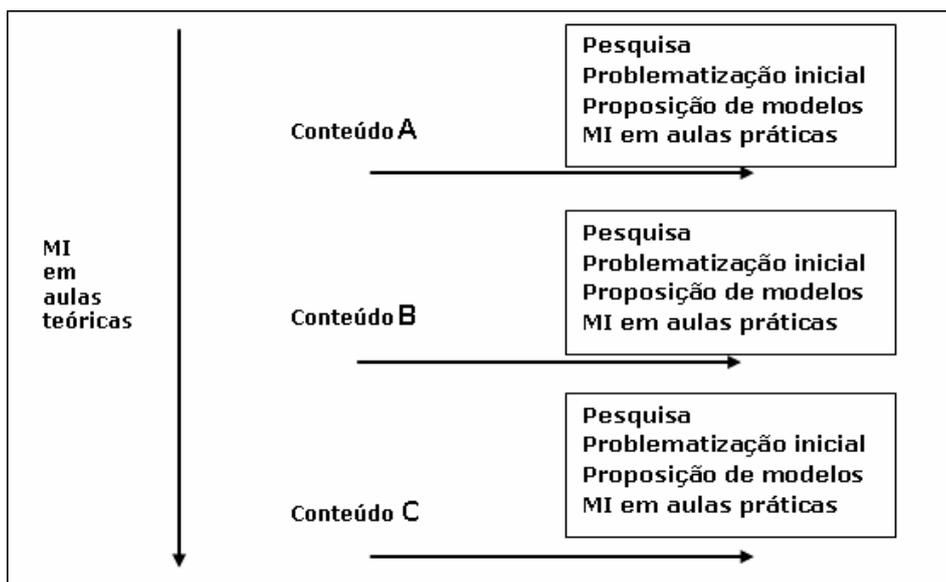


Figura 1.- Diferenciação entre as metodologias que consideram a problematização em aulas de Química e o método investigativo (MI) em aulas teóricas aqui proposto.

Essas investigações podem ser diferenciadas em dois tipos: o primeiro enquadra problematizações para a compreensão de fenômenos, caso em que se solicitava ao estudante que, inicialmente, elaborasse uma explicação para a ocorrência daquele fenômeno, utilizando conceitos científicos. Um exemplo desse tipo de problema é o estudo dos gêiseres que são fontes de águas termais que funcionam com incrível regularidade. Foram fornecidas algumas pistas para auxiliá-lo na explicação, caso ele sentisse dificuldade. Em seguida, requisitava-se que ele elaborasse estratégias para verificar se sua hipótese para a explicação do fenômeno é coerente.

O outro tipo de investigação remete ao estudo de processos químicos elaborados pelo homem os quais, portanto, permitem mais de uma estratégia de resolução. Como exemplo, pode-se citar a separação de dois dos componentes do ar atmosférico, os gases oxigênio e nitrogênio. Dessa maneira, os estudantes foram chamados a propor sugestões de procedimento para solucionar o problema, seguidas, também, de algumas pistas que eles poderiam utilizar.

A sistemática de aplicação dos problemas nas escolas foi a seguinte: após o ensino, pelo professor, dos pré-conceitos necessários a cada investigação, uma atividade investigativa era proposta aos estudantes que deveriam trazer suas sugestões. Na semana seguinte, após o recolhimento da folha de atividade respondida pelos estudantes, realizava-se uma discussão coletiva, na qual se incentivava que os estudantes expusessem suas sugestões para as hipóteses e as estratégias de verificação e criticassem as ideias dos colegas. Deixava-se claro aos estudantes que a refutação ou a crítica a uma hipótese enriquece o processo de aquisição de conhecimentos e se assemelha fortemente à rotina de trabalho dos cientistas e da construção de novos conhecimentos. Após cada discussão coletiva, os estudantes eram entrevistados.

Os cronogramas de aplicação das investigações foram elaborados de modo a que elas ocorressem periodicamente, num total de sete investigações distribuídas ao longo do ano. Em virtude de uma greve foram aplicadas seis atividades de investigação nas escolas públicas.

Com o intuito de prepará-los para a participação no projeto, no início do ano discutiu-se sobre a rotina do trabalho de cientista, a respeito do processo de elaboração de hipóteses e verificação de sua potencialidade a partir de experimentos, o que, por sua vez, pode gerar novos experimentos ou ressignificações da teoria aceita até então, estabelecendo-se, assim, a relação teoria/prática nas ciências. Um pequeno exercício foi feito para praticar a elaboração de hipóteses e estratégias de verificação para duas figuras apresentadas: a de um homem cabisbaixo e uma estrada com muitas garrafas quebradas espalhadas. Após descrever a figura solicitava-se aos estudantes que elaborassem hipóteses para explicar a cena. Após o levantamento das propostas, os alunos deveriam elaborar estratégias para verificar qual sugestão contribuiria para elucidar o caso. Ao final do exercício explicou-se aos estudantes que o interesse dos químicos não era compreender problemas como esses e sim a natureza e que, portanto, as atividades focariam nos fenômenos relacionados ao trabalho do químico.

É necessário destacar a tentativa de alterar o relacionamento dos estudantes com o conhecimento escolar. Eles, de uma maneira geral e mais fortemente na escola particular, esperam que seja atribuída uma nota pela participação nas atividades propostas. Além dos prejuízos relatados por Tapia e Fita (2006), essa postura leva a mecanismos como, por exemplo, cópias dos colegas ou baixo comprometimento na resolução dos exercícios. Isso porque, nessa perspectiva, o objetivo do aluno não é necessariamente aprender, mas obter uma gratificação que pode ser lograda utilizando-se de outros mecanismos que não somente o estudo. Buscando-se romper com essa forma de lidar com o conhecimento, a participação nas atividades não era obrigatória e, além disso, duas estratégias foram utilizadas com o intuito de cultivar o gosto pelo conhecimento de maneira desinteressada.

A primeira foi uma apresentação em power point, ao início do período letivo, que embasava a defesa do prazer que a aprendizagem pode proporcionar. Os argumentos utilizados foram os de que a satisfação oriunda da aprendizagem traz benefícios físicos na liberação de neurotransmissores, quando se sente que aprendeu. Há, também, as contribuições em longo prazo que a dedicação à escola pode trazer como,

por exemplo, poder escolher e seguir uma carreira profissional que lhe agrade. A outra estratégia foi presentear todos os estudantes com um DVD após as férias escolares do mês de julho. Nele estavam contidos arquivos com vídeos de divulgação científica como a Série "Mundos Invisíveis" de Marcelo Gleiser e "Cosmos" de Carl Sagan e informações sobre os cursinhos comunitários e as atividades culturais oferecidas na cidade, páginas da internet com curiosidades sobre Química e para acessar guias de profissão.

Neste trabalho, as escolas públicas serão tratadas por Escola "A" e Escola "B" e a escola particular por Escola "C".

Resultados

As condições para a formação do espírito científico

A aceitação e a atuação dos estudantes em relação ao projeto, verificadas ao longo da coleta de dados pela participação dos mesmos nas diferentes etapas do processo, remetem a distintos perfis para a escola pública e a particular. A seguir discutem-se como os estudantes de ambas as instituições comportaram-se no projeto. Dessa constatação é possível indicar as condições necessárias para a formação do espírito científico, a partir de dois parâmetros: o domínio de conceitos científicos e a disposição para a imersão em problemas de investigação.

Nas escolas públicas

Os estudantes das escolas públicas apresentaram baixo aproveitamento em relação à apropriação de conceitos científicos. Isso pode ser constatado de duas maneiras: por meio do baixo percentual de acerto em uma questão do questionário final aplicado, na qual os estudantes deveriam identificar uma transformação física, uma química e diferenciar átomo de molécula e na dificuldade dos estudantes em utilizar conceitos e termos científicos para formularem suas hipóteses.

Para exemplificar, os estudantes das Escolas "A" e "B" sugeriram em número maior hipóteses e estratégias que envolviam identificar os átomos com um microscópio, "derreter", "moer" e "pintar" os átomos, etc. Algumas vezes, as entrevistas realizadas após a discussão coletiva eram mais um espaço para explicar conceitos ou o fenômeno proposto, do que para levantar as hipóteses elaboradas e as impressões dos alunos sobre o projeto. O trecho de uma entrevista ilustra esse momento:

Entrevistadora: Então me explica, fala um pouquinho mais sobre este processo de contaminação.

Aluna 14: Então, eu não sei explicar, mas assim na minha opinião, é por exemplo tem... É molécula ou é átomo isto?

Entrevistadora: Ó. Uma bolinha é um átomo.

Aluna 14: Ah tá.

Entrevistadora: Vários átomos juntos formam uma molécula.

Aluna 14: Molécula. Tá. Os átomos da... não...

Entrevistadora: As moléculas.

Aluna 14: As moléculas dos... Tem um átomo que tem várias moléculas dentro aí tipo essa moléculas elas... tem alguma coisa, não sei alguma coisa, alguma coisa que pega o cheiro entendeu? E aí elas vão, quando entra em contato tem alguma reação, e as duas... Mas aí

eu pensei se acontecer alguma reação ia mudar o cheiro né? (Aluna 14, Investigação 3, Escola "B", Turma B3)".

As dificuldades encontradas e relatadas pelas professoras das escolas para trabalhar o conteúdo prejudica, inclusive, os estudantes que possuem a predisposição para o aprendizado. Dessa maneira, os alunos das escolas públicas que participaram ativamente do projeto, devolvendo as folhas de atividades de investigação, apesar de demonstrarem seus esforços em realizá-las, deparavam-se com severas dificuldades conceituais.

Também a literatura aponta essas deficiências e reflete sobre as possíveis causas dessa situação. Além do instrucionismo, comum a ambas as instituições de ensino, Demo (2007) atribui o baixo desempenho da escola pública à implantação dos ciclos e da progressão continuada e ao apoio familiar deficiente. Essas questões prejudicam o trabalho do professor que sente dificuldade em atrair a atenção dos estudantes, já que a aprovação é, na maioria das vezes, algo certo. Já Charlot (2005) explica que a cultura das famílias de periferias de reconhecerem o diploma, mas não necessariamente o conhecimento, como a chave para uma vida digna, não propicia uma relação prazerosa com o saber. Tapia e Fita (2006) defendem, ainda, que a escola pública, de uma maneira geral, não apresenta aos estudantes uma perspectiva de futuro na qual o conhecimento seja peça-chave.

Ao mesmo tempo, essa configuração possibilita que os estudantes usufruam de maior liberdade de pensamento. Ao não serem cobrados tão intensamente para alcançarem os índices de acerto e de performance que logram as escolas particulares, os estudantes que se identificaram com o projeto puderam pensar livremente em hipóteses e estratégias que não necessariamente nasceram dos conteúdos trabalhados tradicionalmente nas escolas. Assim, em alguns dos estudantes que devolveram as folhas de atividades com assiduidade, foi possível verificar que os alunos pensaram, refletiram e desenvolveram propostas de raciocínio interessantes, apesar de construídas sob equívocos conceituais. Para ilustrar, no anexo 1 é apresentada a sequência das respostas de uma estudante da Escola "A". Uma síntese dos enunciados das investigações encontra-se no anexo 2.

Nessa sequência de respostas, pode-se observar, inicialmente, a dificuldade que a estudante apresenta em utilizar corretamente alguns termos científicos e até mesmo em escrever sentenças adequadas do ponto de vista gramatical.

Ao mesmo tempo, dados os seus depoimentos nas entrevistas de acompanhamento e final, as suas propostas não foram extraídas da internet ou de livros didáticos. Ela procura elaborar hipóteses e estratégias que conduzam a uma boa explicação para o problema e ainda especular sobre outros aspectos do fenômeno em questão. Como, por exemplo, a influência da temperatura na difusão dos gases na terceira atividade ou a diminuição do nível da água durante a eletrólise. Como solicitado, ela também elaborava novas perguntas que permitiriam continuar explorando o problema.

A estudante explicou, em seus relatos, que pensava nesses problemas enquanto se deslocava para o trabalho e para a escola, ou quando tinha

outro tempo livre. Observa-se, então, sua motivação intrínseca para o aprendizado e para as ciências de que tratam Tapia e Fita (2006) e Nouvel (2001). Porém, também ela ressalta em sua entrevista final a necessidade da inserção de atividades diferentes, para que a aula não se restrinja à exposição em lousa o que, segundo ela, não a incentiva efetivamente a estudar.

Ainda sobre a disposição para a imersão em problemas de investigação, alguns estudantes entrevistados revelaram que pensavam a respeito dos fenômenos e gostavam deste processo de reflexão. É possível verificar ter sido mais recorrente, entre os estudantes das escolas públicas, aqueles que se esforçaram para pensar sozinhos nas respostas. Alguns explicaram que começaram pesquisando na internet, mas com o tempo resolveram elaborar as hipóteses por conta própria. Abaixo seguem trechos da entrevista com estudantes das Escolas "A" e "B":

"Aluna 15: Eu tentei não mexer muito na internet não, eu queria pensar mais. É bom pensar as coisas, comecei a pensar, comecei a pedir opinião dos outros sabe, pra compartilhar opinião. Como é meio difícil né pros outros dar uma opinião certa, não é aquilo que você tá querendo, eu tentei fazer as coisas mais sozinha.

Entrevistadora: Quanto tempo você levava para responder, neste processo de pensar, de perguntar para as pessoas?

Aluna 15: Olha, um dia. Pra ficar pensando. Eu pensava até concluir, até chegar numa conclusão. Então um dia, umas mais, depende" (Aluna 15, Escola "A", Turma A3).

"Aluna 3: Então, primeiro assim eu não utilizava a internet né aí eu pegava e... tudo que tinha explicado em aula eu ficava pensando em casa, como eu poderia fazer, como eu poderia chegar a esse resultado. Aí eu ficava pensando e depois eu elaborava. Eu demorava um pouco pra responder, não respondia rápido não! Ficava pensando bastante antes de eu escrever, eu tinha medo, queria escrever uma coisa que tinha que sair bacana. Então ficava pensando bastante antes de escrever" (Aluna 3, Escola "B", Turma B4)".

Na escola particular

A descrição do ambiente da Escola "C" inicia-se na escolha, pelo professor, das atividades a serem propostas e da ordem nas quais as mesmas seriam distribuídas aos estudantes. Como discutido anteriormente, o professor foi informado sobre a importância de terem sido trabalhados os conceitos prévios, mas não os temas da investigação em si. Entretanto, sempre que possível, o professor tomou o cuidado de ordenar as atividades de modo que elas fossem apresentadas aos estudantes após o ensino "das respostas desses problemas". Foi o que ocorreu com a segunda, a sétima e, provavelmente, com a sexta atividade de investigação.

Com relação à forma com que respondiam as atividades propostas, doze estudantes completaram ao menos quatro das sete investigações propostas, sendo que três deles foram entrevistados após a maioria das discussões coletivas. Pode-se detectar que os principais mecanismos de solução dos problemas propostos foram a utilização dos conceitos trabalhados pelo professor e a busca na internet. Assim, os alunos pouco se permitiram

refletir e elaborar hipóteses alternativas mais ousadas, partindo do que aprenderam nas aulas. O condicionamento que esses estudantes atravessam fica evidente nas falas de um deles. Em sua entrevista final, o aluno explica sua rotina de cumprimento das atividades:

“Aluno 15: Tá certo que tipo quer dizer o meu avô não tem tempo de ir lá comigo então o que eu fazia: eu pegava a folhinha tirava xerox, dava para ele, e aí o que ele fazia? Ele não fazia direto as explicações essas coisas, ele mandava um resumo de tudo, ia na minha casa me explicava tudo e pedia para elaborar a explicação, a estratégia.

Entrevistadora: Todas você fez com ajuda do seu avô.

Aluno 15: Porque o que eu fazia, você entregava eu já mandava para o meu avô e meu avô mandava eu explicar pelo gabarito. Só esta ultima aí que eu demorei um pouquinho mais para fazer” (Aluno 15, Escola “C”, Turma C2).

No anexo 3 apresenta-se a sequência de respostas de um estudante da escola particular que ilustram essa discussão. Uma síntese dos enunciados das investigações encontra-se no anexo 2. As respostas desse aluno são um exemplo da superioridade na abordagem conceitual da escola particular sobre as públicas. Esse estudante, em especial, soube fazer uso do que aprendeu em sala de aula para propor soluções coerentes para o problema, inclusive em fenômenos ainda não abordados pelo professor, como é o caso da quarta atividade de investigação. Esta, que trata do tema eletroquímica presente no currículo do segundo ano do ensino médio, foi solucionada pelo aluno a partir dos conceitos de distribuição eletrônica e teoria do octeto.

O fato de o estudante ter utilizado o que aprendeu para sugerir uma solução para o problema fornece indícios de que o contato mais frequente com atividades investigativas poderia contribuir para o desenvolvimento do espírito científico nele. Entretanto, uma vez que a maioria das investigações foi alocada após o tratamento da solução do problema, os alunos se restringiram a fornecê-la. Apesar das indicações, a cada entrega de atividade, de que várias hipóteses e estratégias eram possíveis e que o objetivo do projeto era pensar além dos conceitos escolares, os estudantes se satisfaziam em apresentar a resposta que já haviam aprendido. Isso pode significar uma menor disposição dos estudantes na escola particular para imergir na resolução de problemas. Apesar da boa relação com os conteúdos escolares, a estrutura das instituições de ensino desta natureza, excessivamente instrucionista no termo adotado por Demo (2007), engessa e inibe o estudante de pensar e então desenvolver seu espírito científico.

Como explica Bachelard (citado por Fonseca, 2008), chega um momento em que o aluno passa a gostar mais das respostas que das perguntas, aniquilando a curiosidade inata do ser humano a qual Freire (2006) defende que deve ser explorada e transformada em curiosidade epistemológica. Entretanto, a fixação no vestibular e pelo desempenho representado por quantidade de conteúdos assimilados leva os alunos também a não querer pensar, mas ansiar pela resposta que garanta um prêmio na forma de nota.

Reflexões sobre as escolas estudadas: relação dos estudantes com o saber

Tomando-se o número de devolução das folhas de atividades e o comportamento dos estudantes nas discussões coletivas nota-se que os estudantes das três escolas mantêm relações distintas com a escola e com o saber.

Foi possível observar que o número de folhas das atividades de investigação devolvidas na semana seguinte ao do seu recebimento é pequeno, quando comparado com a quantidade de estudantes por turma. Também foi possível verificar que essa taxa de devolução oscilou bastante por atividade e por turma. Os estudantes da escola particular devolvem as folhas de atividade em maior número do que os das escolas públicas, apesar de esse valor não ser expressivamente maior, já que, exceto na primeira atividade, não excedia um terço das turmas da Escola "C".

Procurando compreender o significado desses valores vale remeter ao comportamento dos estudantes, quando são propostas, pelo professor, outras atividades que também não estabeleçam relação direta com a nota na escola. Em diálogos informais com as professoras das Escolas "A" e "B", elas explicam que muitos estudantes não têm disciplina de levar os materiais escolares nem outros trabalhos solicitados e que isso ocorre, inclusive quando tais solicitações estão atreladas à nota. Por outro lado, o professor da Escola "C" explicou que, para tudo o que é importante que os estudantes realizem, é necessário ser atribuída uma nota para que a proposta seja cumprida, sugerindo que, se dependesse da participação voluntária dos estudantes, o professor não obteria o número de participantes que gostaria.

Dessa maneira, pode-se dizer que as taxas de devolução são baixas, diante da expectativa de que os estudantes participassem ativamente para que as contribuições do projeto fossem mais explícitas. Todavia, diante do hábito de vários estudantes das escolas públicas e do "vício" de alguns dos estudantes da particular de cumprirem com as atividades apenas quando a metodologia pressupõe a aplicação de prêmios e/ou punições, esses números são interessantes e até otimistas. Isso porque mostra que muitos estudantes se comprometeram e se envolveram com o projeto, sem a perspectiva de receberem "nada em troca"; vários outros participaram de outra etapa importante da execução do projeto que foram as discussões coletivas, além da aceitação positiva por parte expressiva dos participantes.

Assim, vale discutir é o sistema de troca, condicionamento para seguir as regras do sistema e ganhar a recompensa que ocorre especialmente com os alunos da escola particular. Como discorrem Tapia e Fita (2006), essa conduta não implica uma aprendizagem significativa, podendo até mesmo resultar negativamente.

No geral, estudantes das três escolas questionaram a pesquisadora se a devolução da atividade estava relacionada a nota. O fato de o projeto não estar associado a esse sistema de troca pode explicar por que na primeira investigação catorze estudantes (50% da turma) devolveram a folha de atividades nas duas turmas da Escola "C". Depois que descobriram que a atividade não refletiria em números em seu boletim, a taxa de devolução

não mais excedeu a oito folhas. Há de se levantar a questão de que das catorze atividades devolvidas em cada turma, várias eram cópias umas das outras e outras tantas eram cópias do enunciado, ou seja, foram respondidas tão somente para contabilizarem como atividade realizada.

De fato, o comportamento dos estudantes da escola particular revela que ao mesmo tempo em que demonstrou melhor rendimento na aprendizagem conceitual não apresentou interesse significativo por essa metodologia alternativa de trabalho. Essa percepção é compartilhada pelos professores de todas as escolas participantes. Verifica-se, assim, que esses estudantes da escola particular possuem um perfil bem definido: a família oferece todo o suporte para que eles estudem, sendo esta a principal responsabilidade deles neste período das suas vidas. O ingresso em um curso superior é algo natural e inevitável o que faz do período de permanência na escola algo que não necessariamente está associado ao prazer da obtenção de conhecimento.

Assim, vale uma reflexão sobre o sentido dos estudos e da escola. Retomando a diferenciação da relação com o saber para estudantes da classe média e da periferia da qual trata Charlot (2005), pode-se especular sobre possíveis justificativas para o comportamento dos estudantes. Na escola particular, as proposições do autor encaixam-se muito bem. Primeiramente, o suporte da família é facilmente percebido em diversas situações, seja pela fala do professor da Escola "C", que explica que os estudantes já têm muitas atividades extracurriculares como outros cursos, ou mesmo retomando a explicação do Aluno 15, que encontrou suporte em casa para ajudá-lo a realizar as atividades de investigação.

Esse contexto faz desses estudantes "bons alunos", ou seja, são poucos os que questionam ou subvertem essa ordem natural, a maioria aceitando as regras escolares e a obrigatoriedade dos estudos com tranquilidade. Essa argumentação pode justificar o maior número de devolução das atividades pelos estudantes da escola particular, assim como as hipóteses elaboradas sempre restritas às explicações do professor, bem como o menor impacto no interesse dos estudantes pelo projeto. Tem-se, assim, que os estudantes têm incorporado em si que frequentar a escola e estudar o que o professor ensina é algo natural, o que se reflete até mesmo no bom comportamento da turma como um todo.

Entretanto, a própria estrutura da escola particular, que exige a dedicação do aluno ao cobrar diversos trabalhos e aulas extras, acaba por prejudicar fortemente uma relação prazerosa do estudante com o saber, o que pode justificar os menores índices de satisfação em participar de uma metodologia alternativa. Como lhes é natural estudar para obter um diploma de ensino superior e, depois, bons empregos, eles o farão independentemente da metodologia adotada. Todavia, não se pode dizer que os estudantes atribuem sentido ao que estudam e nem que se comparam com essa atividade. Charlot (2005) explica que os estudantes encontrarão sentido em uma ou outra disciplina e, provavelmente, será esta que norteará a escolha profissional desses estudantes. Mas isso pode não ser suficiente.

É preciso retomar, então, as contribuições de Santos (2007) e questionar o bom comportamento dos estudantes. A autora alerta para o desafio que

persiste para a escola: o de despertar o prazer intrínseco do conhecimento. Além disso, também é necessário retomar os questionamentos de Bachelard (1996), quando afirma que a educação deve despertar o espírito do estudante para o questionamento do mundo que o cerca. A finalidade da educação não pode ser a obtenção de diplomas, mas desenvolver o pensamento abstrato e o hábito de questionar e duvidar constantemente. Nesse caso, a escola particular não parece destacar-se em relação à escola pública, quando são comparadas a respeito da defesa do papel da educação para a formação do espírito científico (Bachelard, 1996).

Já na escola pública, os tradicionais mecanismos de controle – por exemplo, o risco da reprovação – não atuam com o mesmo efeito, em virtude da aprovação automática, gera-se um quadro de pouco interesse pelo conteúdo tradicional ensinado. No entanto, quando se oferece uma relação diferente com o conhecimento, ou seja, incitando sua curiosidade e chamando a sua participação para a construção de conhecimento em sala de aula, os estudantes podem encontrar um sentido para os estudos, o que pode explicar o impacto motivacional maior nas escolas públicas.

Neste cenário, Charlot (2005) contribui para a análise da escola pública, ao retratar que os estudantes nesse ambiente escolar reconhecem a importância do diploma para suas vidas, mas não encontram relação prazerosa com o estudo. Os dados deste trabalho também são consonantes com este autor, em relação à diferença com a escola particular onde os estudantes possuem o hábito de estudar e sabem que essa é uma prática necessária para vencerem na escola e pela escola, o que não está claro para os estudantes das escolas públicas. Entretanto, é necessário discordar do autor, quando ele atribui maior chance de descobrir prazer no saber para os estudantes de classe média. Pode-se observar que o acúmulo de tarefas a que as famílias e a escola particular submetem os estudantes, leva-os a compreenderem a atividade investigativa como mais uma obrigação a cumprir. Já os estudantes da escola pública, menos cobrados pelo cumprimento das obrigações escolares, mostraram-se mais disponíveis e, assim, foram mais impactados com a proposta deste trabalho. Pode-se perceber que, se os estudantes se identificam e encontram satisfação em realizar uma tarefa, eles a cumprem, mesmo que não a tenham feito em casa, o que já é explicado pela falta de disciplina para disponibilizar parte de seu tempo para a nova atividade.

Conclusões

As estratégias de ensino denominadas investigativas vêm sendo amplamente exploradas na literatura por tratarem de metodologias nas quais os estudantes têm participação ativa no processo de construção do seu conhecimento. Pautando-se em inspirações construtivistas, também se reconhece hoje que a educação e a educação em ciências não pode se restringir ao ensino de conteúdos, os quais se resumem aos produtos ou às respostas da ciência.

Uma das vertentes das diversas referências ao termo investigativo é a da metodologia que aproxima o ensino em sala de aula da rotina de produção de conhecimento pela ciência. Este trabalho teve o objetivo de contribuir para os estudos nessa área em aulas teóricas de Química, já que as

pesquisas se concentram nas aulas práticas pela proposição de procedimentos experimentais pelos estudantes.

Conhecer as etapas do trabalho do cientista pode contribuir para a formação do espírito científico. Assim, o estudante, baseando-se em evidências, pode elaborar hipóteses para explicar qualquer fenômeno químico ou social que o rodeie. A questão da validação das hipóteses e da discussão coletiva pode trabalhar a importância de não se aceitar tudo rapidamente, sem um questionamento prévio. Como diz Bachelard (1996), o espírito científico sabe, acima de tudo, formular perguntas.

Se, por um lado, as atividades de investigação propostas geraram baixos índices de devolução das folhas de atividades, por outro mostrou o potencial que esta abordagem guarda para tornar o aprendizado um exercício prazeroso pelo seu valor intrínseco, conforme é destacado por Santos (2007) como algo que merece atenção, atualmente. A obrigatoriedade da realização de atividades, especialmente quando atreladas a recompensas extrínsecas pode, como explicam Tapia e Fita (2006), gerar condicionamento e bom comportamento nos estudantes, mas não necessariamente relação prazerosa com o saber e aprendizagem significativa.

Assim, foi verificado que as atividades de investigação impactaram de maneiras distintas nas escolas públicas e na particular. Os estudantes desta última utilizavam os conceitos que aprendiam para elaborar suas hipóteses evidenciando maior rendimento escolar. Por outro lado, demonstraram menor satisfação em participar e menor liberdade para ousar em suas propostas. Isso pode ser explicado pela estrutura da escola particular que também é discutida pela literatura (Demo, 2007; Charlot, 2005) a qual possui metas definidas como, por exemplo, o preparo para a prova do vestibular e o sucesso escolar em notas do boletim, além da cobrança dos pais e da maior organização administrativa da escola.

Os estudantes das escolas públicas, por sua vez, sentiram maior satisfação em conviver com o projeto e mostraram maior liberdade com a criação de ideias, porém foram prejudicados por problemas conceituais. Essas instituições de ensino, inicialmente, são vítimas das disputas políticas que, no caso do Estado de São Paulo, recebem liberdade de escolha curricular e de material didático no âmbito federal, mas no estadual devem trabalhar com sistema apostilado e são avaliados por seus conteúdos. Somadas à pequena perspectiva de prosseguimento nos estudos das famílias e dos estudantes, tem-se que a escola pública não possui metas definidas, o que dificulta o trabalho do professor e não permite aos estudantes atribuírem sentido para esta etapa de suas vidas. Assim, nessa estrutura pouco definida das escolas públicas os alunos puderam imergir nos problemas, mas não lograram tanto sucesso pela dificuldade em lidar com conceitos científicos.

Desse modo, os dados e as reflexões desta pesquisa permitem sugerir três fatores que contribuiriam para a formação do espírito científico:

Conhecimento sobre a natureza das ciências – os estudantes precisam conhecer e incorporar o exercício de elaborar hipóteses, estratégias e defendê-las perante seus colegas, percebendo que todas as ideias, desde

que coerentes, podem ser válidas e no debate fundado em argumentos é que uma proposta se sobressai em detrimento de outra;

Domínio de conceitos científicos – é necessário que o estudante aprenda e saiba utilizar de maneira significativa os conceitos e os termos científicos que forem requisitos dos problemas a serem trabalhados, pois que se configuram como suporte sobre o qual as hipóteses serão elaboradas;

Disposição para a imersão em problemas científicos – destacado por Nouvel (2001) como característica da psicologia científica e por Bachelard (1996; 2009) como condição necessária para a formação do espírito científico, os estudantes devem estar pré-dispostos a este exercício de pensar. Isso pode ser desenvolvido ou aniquilado pela escola. Este item pode ainda ser lido como motivação intrínseca para o aprendizado (Tapia e Fita, 2006) ou também uma relação prazerosa com o saber (Charlot, 2005). Este talvez se configure a maior missão – e desafio – que as escolas em geral têm que colocar em prática, pois nenhuma outra instituição ou veículo de formação/informação o fará.

Sobre os apontamentos deste último autor que assinala que os estudantes da classe média possuem maiores chances de se relacionar prazerosamente com o saber, os dados deste trabalho acenam para outra direção. De fato, os estudantes da escola particular, provavelmente se identificarão mais com uma área do saber a qual norteará sua escolha profissional. Entretanto, com os outros campos do saber, os alunos parecem tomá-los apenas como obrigação de conhecer. Ao mesmo tempo, os estudantes das escolas públicas, se lhes for apresentada a importância e a satisfação que o conhecimento guarda, podem encontrar o valor intrínseco do aprender a produção humana, independentemente desta ou daquela especialização.

Por outro lado, é possível especular que despertar o gosto dos estudantes pelo saber não é difícil. Nesta idade, eles ainda têm a curiosidade aguçada e mostrar a ciência como algo interessante pode levá-los a perceber como estudá-la é bonito. É parte fundamental do processo que o professor reconheça a importância e incorpore atividades de inovação como a proposta deste trabalho para tornar a aula mais dinâmica e atraente para os alunos e para o docente, ele próprio.

Finalmente, este trabalho foi desenvolvido com base nos pressupostos de Bachelard sobre o desenvolvimento do espírito científico. Outros importantes referenciais foram utilizados na busca por compreender as condições para a formação do espírito científico em ambientes escolares distintos e complexos, cada um com suas particularidades.

Com os resultados obtidos não é possível apontar para um caminho que represente a certeza da melhoria da qualidade do ensino de Química, ou de forma mais abrangente, do ensino das Ciências. No entanto, a convivência com alunos e professores nos momentos de aplicação das investigações permite ao menos vislumbrar uma possibilidade que pode trazer mais sentido às aulas de Química: para o desenvolvimento do espírito científico é necessário, primeiro, libertá-lo das amarras que são impostas pela sociedade (prêmios, notas, cobranças, vestibulares, etc.), característica esta presente na escola pública. Porém, dar liberdade sem orientação clara

do caminho a ser percorrido não é missão de educadores, mas abandono dos princípios que sustentam a própria existência da instituição escolar. Nesse sentido, é possível imaginar que permanece necessária a existência de escolas que libertam e dão orientação segura sobre como desenvolver-se para pensar cientificamente.

A escola não pode continuar presa à época de sua criação, quando representava um espaço de obtenção de conhecimento. Ela precisa responder a este momento histórico em que a informação é amplamente difundida e que a chamada sociedade do conhecimento prioriza a capacidade do indivíduo de postar-se de maneira crítica, de saber onde buscar conhecimento e como aprender continuamente. Isso significa que a escola e os professores precisam refletir sobre sua importância e sua função, buscando ser um espaço de problematização para resistir aos "inimigos invisíveis" da Indústria Cultural e ser um espaço de superação dessa postura alienada. Como ensina Freire (2006), a educação é um ato inevitavelmente político e a adesão a uma ideologia de ensino é indispensável para uma educação de qualidade.

Referências bibliográficas

Bachelard, G. (1996). *A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento*. Trad: Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto.

Bachelard, G. (2008). *Estudos*. Trad. Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto.

Bachelard, G. (2009). *A Filosofia do Não: filosofia do novo espírito científico*. 6. ed. Trad. Joaquim José Moura Ramos. Lisboa: Presença.

Charlot, B. (2005). *Da relação com o saber: elementos para uma teoria*. Trad. Bruno Magne. Porto Alegre: Artmed.

Chaves, M.H.O. e N.L. Pimentel (1997). Uma proposta metodológica para o ensino de ácidos e bases numa abordagem problematizadora. In: Encontro nacional de pesquisa em educação em ciências, 1, 1997, Águas de Lindóia. *Anais...* São Paulo, p. 374-385.

Demo, P. (2007). Escola pública e escola particular: semelhanças de dois imbróglis educacionais. *Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação*, v. 15, n. 55, p. 181-206.

Ferreira, L.H.; Hartwig, D.R. e R.C. Oliveira (2010). Ensino experimental de Química: uma abordagem investigativa contextualizada. *Química Nova na Escola*, 32, 2, 101-106.

Ferreira, P.F.M. e R.S. Justi (2008). Modelagem e o "fazer ciência". *Química Nova na Escola*, 28, 32-36.

Fonseca, D.M. (2008). A pedagogia científica de Bachelard: uma reflexão a favor da qualidade da prática e da pesquisa docente. *Educação e Pesquisa*, 34, 2, 361-370.

Freire, P.R.N. (2006). *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. 33. ed. São Paulo: Paz e Terra.

Gil-Pérez, D.; Montoro, I.F.; Alís, J.C.; Cachapuz, A. e J. Praia (2001). Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação*, 7, 2, 125-153.

Gil-Pérez, D. e A. Vilches (2006). Educación ciudadana y alfabetización científica: mitos y realidades. *Revista Iberoamericana de Educación*, 42, 31-53.

Gondim, M.S.C.; Mól, G.S. (2007). Experimentos investigativos em laboratório de química fundamental. Em: <http://www.fae.ufmg.br/abrapec/viempec/viempec/CR2/p720.pdf>.

Lôbo, S.F. (2008). O ensino de Química e a formação do educador químico, sob o olhar bachelardiano. *Ciência & Educação*, 14, 1, 89-100.

Mortimer, E. F. (2000). *Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências*. Belo Horizonte: Editora UFMG.

Nouvel, P. (2001). *A arte de amar a ciência: psicologia do espírito científico*. Trad. Fernando Jacques Althoff. São Leopoldo: Unisinos.

Popper, K. (1972). *A lógica da pesquisa científica*. Trad. Leonidas Hegenberg. 2. ed. São Paulo: Cultrix.

Praia, J.; Cachapuz, A. e D. Gil-Pérez (2002). A hipótese e a experiência científica em Educação em Ciência: contributos para uma reorientação epistemológica. *Ciência & Educação*, 8, 2, 253-262.

Santos, L.L. (2007). Currículo em tempos difíceis. *Educação em Revista*, Belo Horizonte, 45, 291-306.

Suart, R.C.; Marcondes, M.E.R. e M.P. Carmo (2009). Atividades experimentais investigativas: utilizando a energia envolvida nas reações químicas para o desenvolvimento de habilidades cognitivas. Em: <http://www.foco.fae.ufmg.br/pdfs/220.pdf>.

Suart, R.C. e M.E.R. Marcondes (2009). A Argumentação em uma atividade experimental investigativa no Ensino Médio de Química. Em: <http://www.foco.fae.ufmg.br/pdfs/222.pdf>.

Tapia, J.A. e E.C. Fita (2006). *A motivação em sala de aula: o que é, como se faz*. Trad. Sandra Garcia. 7. ed. São Paulo: Edições Loyola.

Anexo 1.- Sequência das respostas de uma estudante da Escola "A" para as investigações de que participou.

1 ^a	Sobre os gêiseres
	<p>Explicação - "Acredito que a água debaixo da terra, está tão quente que atinge o ponto de fusão em que a água se transforma em vapor. A pressão é tão grande que libera esse vapor por jatos altos".</p> <p>Estratégia - "A temperatura a gente sente externa como se fosse a luz do sol ou ficar perto de uma fogueira ou próximo de um forno. A pressão a gente não sente calor porém tem temperatura quente mais (sic) a gente não sente, porque é interna como uma panela de pressão".</p>
2 ^a	Sobre a separação dos gases O ₂ e N ₂
	<p>"Podemos colocar um frasco os dois gases. E colocar em um frizzer (sic) que a temperatura do freezer (sic) atingir o ponto de sublimação do nitrogênio assim ele está no estado sólido o nitrogênio, e o que ficou e o oxigênio que possível (sic) ficou no estado líquido, assim podemos separar".</p>
3 ^a	Sobre a difusão de aromas
	<p>"Se for pensa que os átomos e moléculas se movimenta (sic). Minha opinião e que eles se mistura com o oxigênio que mesmo não tendo vento se movimenta. Acredito também que a temperatura tem avê (sic) pois sentimos em distancia (sic) algo que pegou fogo. Ou uma sopa que ta sendo preparada aquele vapor subindo para o ar".</p>
4 ^a	Sobre a eletrólise da água
	<p>Explicação - "Um dos tubos ficou com menos água, acreditado com a pressão do 'gase' (sic) e também acredito por esta bolinhas dentro da água e o oxigênio. Uma decomposição da água".</p> <p>Estratégia - "Sei que existe um equipamento para verificar. Mais (sic) usaremos a aula de química (sic) e as pistas. As fontes de energia quebram as partículas fazendo uma decomposição da água separando os gases oxigênio e o hidrogênio".</p>
5 ^a	Sobre a obtenção de metais a partir dos minérios
	<p>"Pensando na pista 1, que a energia e a importante para quebrar as moléculas. No caso dos átomos de ferro e de oxigênio colocando essa mistura em um fogo quente (sic) sabendo que o oxigênio e um gás e o que ainda fica sua a materia ferro. Uma hipótese enxofre faz lembrar em fogo. Minha opinião essa molécula pegara mais rapido (sic) o fogo. Podemos congelar sabendo que o ponto de fusão e diferente".</p>
6 ^a	Sobre por que a água apaga o fogo
	<p>Explicação - "Quando algo esta (sic) pegando fogo, e a água entra em contato ocorre uma grande fusão, uma transformação, quando as moléculas de água entra (sic) com as moléculas que o fogo esta (sic) gerando, fazendo assim uma evaporação, e subindo pelos ares, ficando só as cinzas gerado (sic) pelo fogo com contato com materiais".</p> <p>"Com cuidado, fazendo uma fogueira. E em seguida lança um balde água (sic), vendo que ocorre uma transformação na hora, vendo que água precisa do fogo para entra em vaporização (sic). Depende também da quantidade da agua (sic) e o nível do fogo".</p>

Anexo 2.- Síntese dos enunciados das atividades de investigação propostas nas Escolas "A" e "C".

Atividade de Investigação	"A"	"C"
Os gêiseres são fontes que liberam água na forma de vapor em jatos verticais que podem chegar a trezentos metros de altura e que funcionam com uma espantosa regularidade. As condições para que eles ocorram são: água infiltrada em cavidades subterrâneas, mas não muito profundas e em região vulcânica. Em determinadas condições, a água quente e o vapor superaquecido são expelidos com velocidade, atingindo a superfície onde são lançados na atmosfera. Com a saída do jato, todo o processo reinicia, com a água descendo e tomando o lugar da que foi expelida. Elabore uma explicação para o fenômeno dos gêiseres, utilizando conceitos científicos.	1 ^a	1 ^a
Sabe-se que o ar atmosférico é uma mistura de substâncias formada basicamente pelos gases nitrogênio (N ₂) e oxigênio (O ₂), sendo que, aproximadamente, 71% do ar é constituído por gás nitrogênio e 29% por gás oxigênio. Elabore estratégias para obter os gases nitrogênio e oxigênio em frascos separados a partir do ar atmosférico e proponha, também, procedimentos para verificar a validade da sua proposta.	2 ^a	2 ^a
Elabore uma explicação para o que ocorre, em termos de átomos e moléculas, para que o cheiro de algo possa ser sentido a longas distâncias mesmo na ausência de vento.	3 ^a	6 ^a
Lembre-se do experimento de eletrólise da água realizado em sala. Neste experimento, está sendo fornecida energia à água a partir de uma pilha. Elabore uma explicação, utilizando conceitos químicos, para o fenômeno de liberação de gases que você está observando, identificando quais substâncias podem ser esses gases.	4 ^a	5 ^a
Elabore estratégias para obter metais a partir de seus minérios como, por exemplo, o ferro metálico (Fe), o alumínio (Al) e o cobre metálico (Cu) a partir de Fe ₂ O ₃ , Al ₂ O ₃ e Cu ₂ S, ou seja, como separar os átomos de ferro dos de oxigênio e os átomos de cobre dos de enxofre. Caso proponha a utilização de algum equipamento, procure descrever o seu funcionamento.	5 ^a	4 ^a
Elabore uma explicação, utilizando conceitos químicos, para o fato de utilizamos água para apagar fogo se a molécula de água, assim como os combustíveis, possui energia armazenada em suas ligações químicas.	6 ^a	3 ^a
Elabore uma explicação, utilizando conceitos químicos, para essa diferença entre as substâncias grafite e diamante, se ambas são formadas pelo mesmo elemento químico.	-	7 ^a

Anexo 3.- Sequência das respostas de um estudante da Escola "C" para as investigações de que participou.

	Sobre os gêiseres
1ª	<p>Explicação - "A água subterrânea por estar perto dos vulcões são extremamente aquecidas e isso faz com que as moléculas de água fiquem agitadas e se expandem pela superfície da terra".</p> <p>Estratégia - "Quando uma substância está sendo aquecida sua temperatura fica elevada. Se está substância estiver em um recipiente que não permite que o vapor seja liberado, está havendo (sic) uma pressão do vapor querendo se expandir. Ex: uma panela normal com água no fogo e uma panela de pressão também com água no fogo".</p> <p>Raciocínio - "A panela normal deixa o vapor da água sair. Já a panela de pressão prende o vapor dentro da panela e só é liberado a partir da válvula. Os gêiseres são a mesma coisa, quando a pressão sobre a água for muito grande, ela irá sair por uma 'válvula' na superfície da Terra".</p>
	Sobre a separação dos gases O ₂ e N ₂
2ª	<p>"O oxigênio e o nitrogênio tem (sic) ponto de ebulição diferente. Primeiro a mistura gasosa deve ser liquefeita através da diminuição da temperatura e aumento da pressão. Após a liquefação, a mistura deve se submeter a uma destilação fracionada onde o gás que tiver o ponto de ebulição menor (o nitrogênio) irá se separar do outro primeiro".</p>
	Sobre por que a água apaga o fogo
3ª	<p>"A água ao entrar em contato com o fogo, absorve calor e se transforma em vapor. Esse vapor se dispersa entre as moléculas de oxigênio do ar, diminuindo ainda mais o fogo".</p>
	Sobre a obtenção de metais a partir dos minérios
4ª	<p>Explicação - "Para separar o oxigênio e o ferro você pode acrescentar 2e⁻ no oxigênio e retirar 4e⁻ do ferro, ambos da camada de valência. Assim os dois não precisarão trocar elétrons e irão se separar. Para separar o cobre do enxofre você pode acrescentar 2e⁻ no S e retirar 7e⁻ da camada de valência do Cu, assim ambos não precisarão trocar e⁻ e irão se separar".</p> <p>Estratégia - "Ao fazer a distribuição eletrônica você percebe que o Fe tem 12e⁻ na camada de valência, o O tem 6e⁻, o Cu tem 15e⁻ e o S tem 6e⁻. Para que cada um tenha 8e⁻ na camada de valência, você acrescenta ou retira e⁻ sem que eles precisem se ligar entre si".</p>
	Sobre a eletrólise da água
5ª	<p>Explicação - "No tubo onde é colocada carga + há menos bolhas pois assim aumenta a atração entre o núcleo e a eletrosfera. Já no tubo com carga - há mais bolhas pois existe menos atração entre o núcleo e a eletrosfera. Os gases que são liberados são O₂ e H".</p> <p>Estratégia - "Os gases liberados são H e O₂, pois são os elementos que compõem a água. Esses gases ao serem liberado (sic), podemos juntar com outros elementos para ver a reação e ter certeza de que é H e O₂".</p>
	Sobre a difusão de aromas
6ª	<p>Explicação - "O cheiro se propaga pois os átomos se espalham pelo meio".</p> <p>Estratégia - "Colocar um copo de café em uma sala e perceber o cheiro que fica no ar".</p>
	Sobre alotropia
7ª	<p>Explicação - "Grafite e diamante são formados por carbono, mas a forma com que eles são ligados é diferente. Os diamante são duas moléculas idênticas ligadas. Já o grafite são várias formando camada que se ligam, e ao passar no papel vai ficando algumas camadas".</p> <p>Estratégia - "Estudar as propriedades físicas e químicas do diamante e do grafite. Observando a estrutura molecular de cada um e depois 'raspando' em uma superfície áspera".</p>

Raciocínio - “‘Raspando’ os dois em uma superfície áspera, por exemplo, observamos que o grafite se esfarela e o diamante não. Isso mostra que a interação molecular do diamante é maior que a do (sic) grafite”.
