

A recursividade no ensino de Química

Rafael Moreira Siqueira*¹ (PG)

¹Laboratório de Materiais – DCNAT – Universidade Federal de São João Del Rei – Pç. Dom Helvécio, 54 – São João Del Rei – MG (rafaelmoris@gmail.com)

Palavras-Chave: recursividade, ensino de Química, aprendizagem

RESUMO: O objetivo deste trabalho é verificar se a recursividade, no ensino de Química, pode auxiliar no processo ensino-aprendizagem, bem como avaliar a abordagem recursiva como ferramenta estruturadora de um currículo dessa ciência para o Ensino Médio. Para o trabalho, foi realizada observação e regência em uma turma de alunos de 3ª série do Ensino Médio, utilizando a abordagem recursiva para o tratamento dos conceitos de propriedades no contexto das substâncias orgânicas. Verificou-se que a recursividade pode ser utilizada como um instrumento pedagógico efetivo no processo ensino-aprendizagem de novos conteúdos em Química e em suas compreensões em níveis mais elaborados de complexidade. Algumas questões ainda persistem acerca do tema, que podem ser orientadores de pesquisas para criação de maior quantidade de material referencial sobre o assunto.

INTRODUÇÃO

O ensino de Química no Ensino Médio no Brasil, em especial no estado de Minas Gerais, vem passando, ao longo dos últimos anos, por sensíveis mudanças e por novos projetos estruturadores curriculares, de maneira a abranger ao máximo as necessidades do ensino de ciências do mundo atual.

No Brasil, após a Segunda Guerra Mundial, houve uma grande exacerbação no pensamento ocidental para a construção dos currículos no Brasil, que se apoiavam principalmente nos métodos, recursos e procedimentos, num pensamento tecnicista (Ricci, 2009). Somente após os anos 80 do século XX, e especialmente nos anos 90, houve uma “democratização” do ensino e uma abordagem mais ligada à realidade do aluno e do contexto social, ocorrida especialmente após a LDB/96, que além de tornar obrigatório o oferecimento do Ensino Médio pelo Estado, criava bases para o oferecimento deste à luz da orientação de ensino e de aprendizagem com maior caráter contextualizado e interdisciplinar. Rumou-se para maior integração dos conhecimentos à realidade, de maneira a fugir da fragmentação antes comum, e para uma formação mais completa, de caráter social e menos técnica (Brasil, 1999).

Tal avanço fez uso do aproveitamento de ideias pedagógicas aprofundadas nas correntes construtivistas de educação e conhecimento. Tratando os estudantes como sujeitos imersos num contexto sócio-histórico, o conhecimento desses indivíduos é construído de forma mais completa por meio da interação entre o conhecimento científico e seus conhecimentos, saberes e seu meio. Assim, é realizado um exercício de encontros, de intersecções e de diálogos, de forma a elevar as formas de entender, de explicar e de agir diante de situações não somente inerentemente escolares, mas principalmente naquelas em que esses sujeitos são confrontados no dia a dia.

O ensino de ciências no mundo de hoje deve se afastar das características de memorização e da fragmentação, que valorizam as técnicas e a repetição de procedimentos. Essas características ainda se encontram muito presentes nos currículos do Ensino Médio, desde o início do século XX até os dias de hoje. São vários e amplamente divulgados no meio educacional os meios e as necessidades de superação dessas características, como em leis, em documentos de política educacional a nível nacional (PCN) e estadual (CBC em Minas Gerais), bem como em

revistas e artigos sobre o tema (Química Nova na Escola). Porém, ainda assim, tais características permanecem como elementos estruturadores do ensino e dos currículos para vários profissionais da área e para muitas escolas.

No estado de Minas Gerais houve, a partir de 2002, um movimento de inovação curricular no Ensino Médio, inclusive na Química. Foram discutidas várias ideias e sugestões de grande parte da comunidade de professores e consultores, sendo formulados documentos, todos de acordo com a filosofia de renovação curricular dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN e PCN+), culminando, para o ensino de Química em Minas Gerais, nos Conteúdos Básicos Comuns – CBC (SEEMG, 2007). Com o CBC, foram apresentados como proposta curricular conteúdos considerados primordiais para a formação de um estudante em Química no Ensino Médio. Esses conteúdos levam a um currículo que apresenta uma visão geral da Química aos alunos do Ensino Médio ainda no primeiro ano, formando, assim, uma base para o pensamento químico, e, nos anos seguintes, os conceitos e os conteúdos são aprofundados em conteúdos complementares, de forma a propiciar aos estudantes outras ferramentas para a compreensão, interpretação e transformação da realidade. O CBC, portanto, teve como objetivo estruturar um currículo voltado para o aprendizado de conceitos fundantes, mais básicos, que são essenciais para a preparação do estudante tanto para os estudos posteriores quanto para uma real atuação em seu contexto social.

A proposta curricular apresentada no CBC se organiza em torno de três eixos: o eixo dos materiais, o eixo dos modelos e o eixo da energia. Esses eixos se organizam em temas, que, por conseguinte, são desdobrados em tópicos e habilidades e seus detalhamentos. A escolha dos eixos considera uma abordagem interdisciplinar com outras ciências, como a Biologia e a Física, e, além disso, contextualizada, porém sem se desvincular do objeto de estudo próprio da Química, bem como sem se distanciar de seus específicos termos, linguagem, etc. (SEEMG, 2007). Essas características se adequam às propostas dos Parâmetros Curriculares Nacionais vigentes e se juntam, no documento, aos fundamentos apresentados facilitadores da aprendizagem da Química, com o desenvolvimento de suas competências e habilidades próprias e enfatizando situações problemáticas reais (Brasil, 2002).

De acordo com o PCN+, o ensino de Química deve se estruturar num tripé de conhecimentos próprios para o desenvolvimento da Química com os estudantes: *transformações químicas, materiais e suas propriedades e modelos explicativos*. Esses pilares são baseados na própria área de estudo dessa ciência, bem como nas evoluções e desenvolvimento científicos (Brasil, 2002). Consonante a essas ideias, toda a seleção de conteúdos considerados básicos e necessários para a aprendizagem em Química pelos estudantes do Ensino Médio, de acordo com o CBC, baseou-se nos focos de interesse do conhecimento químico nesse nível de ensino, podendo ser mais bem compreendida pelos estudantes por meio da articulação entre esses focos de interesse: *as propriedades, a constituição e as transformações* desses materiais ou substâncias. Os focos conceituais podem, portanto, de acordo com o CBC (SEEMG, 2007) e com o PCN+ (Brasil, 2002), serem dispostos como um triângulo, ou um tripé, conforme representado a seguir na Figura 1:

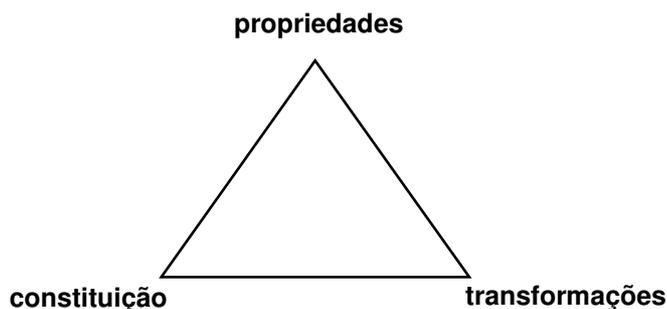


Figura 1: Focos conceituais no ensino de Química em triângulo

Essa disposição em triângulo, ou tripé, remete a prática docente à necessidade, para o ensino de Química, de mediar a interação entre esses focos conceituais, pois essas interações auxiliam a desenvolver adequadamente os conceitos estudados de maneira mais sólida, porém menos rígida e inflexível, como acontecia nas propostas curriculares tradicionais. A utilização dessa interação entre os focos conceituais e o ensino por meio de uma abordagem contextualizada e de caráter interdisciplinar é, portanto, uma forma de trabalho de afastamento da fragmentação dos conteúdos da Química. A maneira como os focos conceituais sempre envolvem, portanto, todo o conhecimento de Química no Ensino Médio parece indicar que eles são amplamente abordados em várias etapas, em diferentes contextos, situações e momentos durante um currículo de Química. Assim, esses conteúdos e conceitos podem ser abordados lançando-se mão da recursividade no ensino de Química.

RECURSIVIDADE COMO ORIENTAÇÃO PEDAGÓGICA PARA O ENSINO DE QUÍMICA

De acordo com Houaiss (2007, p. 2406), recursividade é “*propriedade daquilo que se pode repetir um número indefinido de vezes*”, e sua etimologia traz como origem o adjetivo recursivo. Recursivo, por sua vez, tem como origem recurso, “*ato ou efeito de recorrer*”, ou ainda “*invocação de auxílio*”. Tal definição aproxima-se de seu significado e conceito estabelecido para o ensino de Química e ciências, questão abordada neste trabalho. Conforme Lima (2006), a recursividade é

[...] um instrumento que vem orientando a organização de currículos visando a promoção da aprendizagem e o desenvolvimento progressivo do estudante em seus processos de apropriação do conhecimento sistematizado. Uma abordagem recursiva dos conteúdos permite o estudante ir aos poucos ampliando a aprendizagem conceitual na medida em que se depara com um mesmo conceito tratado de modo diferente, em variados momentos da vida escolar, seja em séries diferentes ou uma mesma série e também em contextos diferentes. (LIMA, 2006, p. 7-8)

Ou seja, a recursividade é um instrumento pedagógico que visa promover a aprendizagem e a progressão do estudante em seus processos de apropriação e construção cognitiva, utilizando a abordagem dos mesmos conteúdos e conceitos em diferentes contextos, situações e também diferentes momentos da vida escolar.

No ensino de Química, a recursividade pode remeter a utilização de um mesmo conhecimento, quando ocorre a revisita deste nas explicações de fenômenos e transformações específicas dessa ciência em outros contextos e momentos diferentes ao longo do processo de escolarização, de modo a auxiliar os estudantes a construções em um nível mais elevado de complexidade dessas explicações e de suas habilidades cognitivas, como o desenvolvimento da habilidade na resolução de problemas utilizando os conceitos aprendidos, a análise e a interferência dos variados contextos presentes no cotidiano, a capacidade de elaboração e testes de hipóteses e de fazer generalizações, avançando, assim, no conhecimento científico em geral (Lima,

2006). Essas habilidades são de nível superior às normalmente desenvolvidas no ensino tradicional: repetição de definições e conceitos, memorização de fórmulas, classificação, entre outras.

Uma abordagem recursiva possibilita também oportunizar o aprendizado àqueles que não haviam se apropriado dos conhecimentos ensinados e permite aos estudantes que já aprenderam expandir seu conhecimento por meio de novas explicações e construção de novos modelos e estruturas cognitivas.

Desde o início da vivência e aprendizagem científica, os conceitos e os conteúdos não podem ser fragmentados e / ou detalhados ao extremo. O mais adequado é que esses se permeiem nas ideias e conceitos centrais, fundantes, sendo o professor um agente promotor de relações e interações entre eles junto aos estudantes. Com isso, permite-se um desenvolvimento de um pensamento químico mais apurado pelos alunos, promovendo um crescimento gradual das competências e habilidades desejadas ao redor desses conceitos e ideias-chave, bem como um crescimento do aprendizado da Química tanto para estudos posteriores como para melhores interpretações e explicações dos processos químicos da vida (APEC, 2003).

Assim, acredita-se que a abordagem do conteúdo no interior de um currículo que remete, a todo o momento, à sua construção recursiva, por meio das revisitas aos vários conceitos já desenvolvidos anteriormente e às ideias centrais estabelecidas em outras etapas e em diferentes contextos, parece promover um aprendizado mais eficiente e pode proporcionar um momento de aprendizagem para aqueles estudantes que não conseguiram aprender certos conceitos em outras etapas, fato possível de ser verificado através do canal aberto para o diálogo e do encontro de ideias na sala de aula. Além disso, o ensino com uma abordagem recursiva indica a possibilidade de se desenvolver com os estudantes competências e habilidades de níveis mais complexos, pois não prima pela fragmentação do ensino, e sim pela interação dos saberes e das ideias e conceitos centrais, através de constantes revisitas, permitindo uma compreensão mais elevada tanto da Química como também do mundo a sua volta.

Interessou-nos, portanto, realizar um trabalho de pesquisa sobre a recursividade, de forma a verificar se a recursividade, no ensino de Química, pode auxiliar no processo ensino-aprendizagem, bem como se ela pode ser pensada como ferramenta estruturadora de um currículo dessa ciência para o Ensino Médio.

METODOLOGIA DO TRABALHO

No trabalho, realizou-se observação de aulas em uma escola pública de Ensino Médio em Belo Horizonte, em turmas noturnas do 3º ano do Ensino Médio. Nesta, foi possível perceber que a professora trabalhava com os alunos prioritariamente a memorização, repetição e associação de nomes, fórmulas e definições no conteúdo de Química Orgânica, afastada das novas perspectivas que semeiam o currículo de Química no Ensino Médio, propostas nos Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN – e nos Conteúdos Básicos Comuns – CBC. Além disso, em geral, os alunos não pareciam demonstrar interesse pela aprendizagem da Química, muitas vezes conversando excessivamente e não prestando atenção nas aulas.

Aparentemente, a Química ensinada pela professora não parecia atraente para muitos estudantes, provavelmente pelo fato de não apresentar nenhum significado prático para suas formações. Assim, a observação realizada mostrou a necessidade de superação desse ensino, para a realização de uma educação formadora de caráter mais complexo em termos de estruturas cognitivas desenvolvidas nos alunos e também mais integrada às reais necessidades do saber Química, estabelecidas em um

currículo de ciências voltado para a atualidade, como nos documentos oficiais e científicos citados, o que culminou num período de regência.

Foram tomadas notas de campo sobre o trabalho de observação realizado. As notas das observações, bem como das reflexões e análises pertinentes, foram utilizadas para a confecção de um diário reflexivo. O diário reflexivo ajudou a conhecer de maneira mais profunda os estudantes, seu contexto social tanto na imersão na escola, como fora dela, por meio de momentos de conversas, entendendo sua realidade e também seus pensamentos sobre escola, ensino, trabalho, etc. (Gomes, 2007). Além disso, também contribuiu para a construção, elaboração e escolhas do planejamento pedagógico de regência e dos métodos de avaliação dos estudantes para a continuação do trabalho.

Na regência, foi ministrado um conjunto de 8 aulas para uma turma noturna de 3º ano do Ensino Médio da escola campo de pesquisa, contendo ao total 31 alunos, com uma abordagem recursiva do conteúdo de propriedades no contexto dos compostos orgânicos. O conteúdo de propriedades dos materiais foi propositalmente escolhido por apresentar conceitos muito relevantes à formação dos alunos e que, durante todo o currículo dessa ciência, são apresentados em vários níveis, aspectos, situações, momentos, etc., ou seja, em vários níveis de complexidade, possíveis de serem trabalhados recursivamente e, além disso, estabelecendo relações diretas entre os conhecimentos científicos e os contextos de vivência dos estudantes, o que se adequa à realidade dos alunos, de maneira contextualizada e interdisciplinar. As aulas planejadas e ministradas foram concebidas com o objetivo de ensinar Química de maneira relevante à formação não somente escolar dos estudantes, mas também como uma tentativa de construir, com esses sujeitos, conhecimentos que abranjam as dimensões conceituais, procedimentais e atitudinais (LIMA apud Carvalho, 2006, p. 2).

Na regência realizada, planejamos uma ação de forma a buscar com que os alunos mantivessem uma posição ativa frente ao conhecimento (LIMA, 2006, p. 5). Dessa maneira, tentamos apreender as concepções dos alunos sobre as questões de caráter científico, em seus contextos de realidade. Nas aulas, fomentávamos o diálogo e mediávamos interações entre esses conhecimentos dos alunos e os conhecimentos científicos. Nesse processo, nos pareceu que a qualidade dessas interações pode despertar a relevância da Química e dos conceitos científicos para os estudantes.

Os conteúdos e objetivos escolhidos sobre propriedades dos materiais, no contexto das substâncias orgânicas, originaram-se dos Conteúdos Básicos Comuns – CBC –, de Minas Gerais, da relevância desses para a formação dos estudantes e da possibilidade do trabalho dos mesmos por meio de uma abordagem recursiva. Os conhecimentos prévios dos alunos, conhecidos em parte na observação e registrados no diário reflexivo, auxiliaram na escolha de tais conteúdos, pois possibilitaram a escolha daqueles necessários para a formação dos estudantes e, ao mesmo tempo, mais relevantes na perspectiva de suas realidades socio-culturais.

O diário reflexivo confeccionado representou uma documentação do processo e uma fonte importante para a reflexão sobre nossos registros. Foi possível, a partir deles, verificar toda a prática pedagógica desenvolvida, bem como os diálogos em que foram mediadas interações com os alunos e suas ações e reações na sala de aula. Nele, foram registrados e analisados os momentos e os contextos nos quais durante a prática pedagógica realizada tivemos indícios do processo de recursividade e também a forma como se deram as mediações destas com os estudantes. Foram realizadas análises da qualidade das mesmas, bem como comparações com as interações normalmente observadas durante a prática pedagógica da professora supervisora do campo em sua abordagem tradicional observada anteriormente.

A continuidade das observações nos permitiu também registrar momentos durante o trabalho em que os estudantes indicavam, a partir de suas falas, referências e ligações com conhecimentos de Química já tratados em outras etapas escolares. As falas normalmente compunham-se de associações com outros contextos, mas foram muito importantes na mobilização dos alunos para a aprendizagem de novos conteúdos e na construção de conceitos e explicações em um nível maior de complexidade, por meio do tratamento recursivo. Além disso, o diário reflexivo possibilitou avaliar os vários momentos em que a abordagem recursiva dos conceitos da Química, nos contextos apresentados, foi ou não uma ferramenta eficiente para a evolução conceitual e de explicações para os fenômenos, fatos, experimentos e exemplos usados pelos alunos durante a prática pedagógica.

A avaliação dos resultados dessa ação foi realizada por meio da aplicação de uma série de testes aos estudantes, por meio do registro dos acontecimentos da sala de aula em um diário de campo, por meio de análises do diário reflexivo, iniciado na observação e continuado durante a regência, e do monitoramento do processo de aprendizagem dos alunos.

O Teste 1 foi aplicado na segunda aula ministrada na regência, para ser respondido em duplas. Por se tratar de um teste inicial, serviu como uma forma de apreender o “estado inicial” dos conhecimentos dos estudantes. Essa avaliação preliminar ajudou a conhecer as ideias dos estudantes acerca dos novos conteúdos a serem abordados em sala de aula e também a reconhecer a aprendizagem e os entendimentos sobre os conceitos já estudados pelos alunos (APEC, 2006). Dessa forma, o teste ajudou a construir indícios que permitiram monitorar a aprendizagem. Com o decorrer das aulas, foram aplicados outros testes, no final de cada conjunto de três aulas (aula 5 – Teste 2 – e aula 8 – Teste 3), sendo o Teste 2 aplicado para realização em duplas e o Teste 3, individualmente. Esses tiveram a finalidade de obter informações sobre o que foi aprendido dos conceitos abordados no contexto das substâncias orgânicas e, como foram trabalhados de modo recursivo, dos conceitos de propriedades dos materiais em todo o currículo de Química no Ensino Médio.

Todos os testes eram constituídos de questões-problema em contextos variados, especialmente contextos pertinentes ao cotidiano dos estudantes e do mundo moderno. Os testes foram formados por perguntas em sua maioria discursivas e também com questões mistas, parte objetiva e parte discursiva (Teste 3). Foram realizadas poucas perguntas, duas ou três, da maneira mais clara e bem estruturada possível, para que os testes fossem atrativos para os estudantes e para que as respostas pudessem, efetivamente, fornecer respostas aos objetivos de pesquisa.

A análise das respostas auxiliou na verificação da validade da recursividade como estruturadora de um currículo de Química na perspectiva de facilitador das relações ensino-aprendizagem, pois puderam medir se os alunos eles, após as aulas com o tratamento recursivo dos conteúdos e conceitos, conseguiram responder adequadamente às perguntas realizadas nos testes, configurando-se, assim, como uma ferramenta de monitoramento da aprendizagem dos estudantes durante as aulas ministradas com a abordagem dos conceitos de propriedades de forma recursiva.

Os resultados dos testes também foram importantes, em conjunto com as informações registradas no diário reflexivo, por indicar qualitativamente se os aspectos da recursividade presentes nas aulas trouxeram os conceitos e explicações trabalhadas nas discussões com os alunos, bem como na verificação da utilização de uma abordagem recursiva como promotora de aprendizagem para aqueles que não tiveram a oportunidade de apropriar-se de conceitos de outras etapas.

RESULTADOS – ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO

O Teste 1 pretendia, principalmente, medir alguns conhecimentos prévios e a aprendizagem após a abordagem das primeiras aulas, em um momento em que se havia discutido somente, de forma breve e mais superficial e fenomenológica, os compostos orgânicos e suas propriedades, em especial a solubilidade, tratada em um experimento realizado com a utilização de gasolina e água (“teste da adulteração”). Foi proposto verificar, para cada questão, um conjunto de habilidades relacionadas aos conceitos e conhecimentos das propriedades dos compostos orgânicos.

→ Questão 1

- Habilidade 1: Reconhecer gasolina e graxa como substâncias orgânicas e / ou semelhantes em termos de polaridade;
- Habilidade 2: Explicar através da solubilidade a ação de limpeza da gasolina sobre a graxa, por meio da polaridade semelhante ou de interações.

→ Questão 2

- Habilidade 1: Reconhecer volatilidade como função do baixo ponto de ebulição em um composto orgânico;
- Habilidade 2: Explicar por meio do modelo de interações intermoleculares as diferenças nos pontos de ebulição de algumas substâncias.

Os resultados observados na Questão 1 foram que a maioria das respostas afirmava que a graxa conseguiria realmente ser limpa pela gasolina. De acordo com os alunos, isso aconteceria porque “os dois líquidos são apolares e se juntam”, ou “se misturam, pois são ambos apolares, diferente do álcool e da água, que são líquidos polares”. Assim, a Habilidade 1 foi muito presenciada nas respostas dos estudantes. A habilidade de relacionar a capacidade de limpeza da gasolina sobre a graxa e a sua solubilidade, através da semelhança de polaridade e / ou da realização de interações, foi, entretanto, menos percebida. Poucas foram as respostas que realmente lidavam com expressões e conceitos como interação e / ou solubilidade.

O bom resultado e a presença de poucas dúvidas sobre essa questão durante o teste podem, em nossa opinião, ser justificados pelo fato de o assunto ter sido abordado durante a primeira aula (“teste da adulteração”). Na aula, foram mediadas discussões entre os alunos, feitas algumas indagações e solicitadas explicações sobre o assunto e sobre o fenômeno, resultando em boas discussões sobre o tema e a apresentação de explicações e conceitos bastante adequados. Com a nossa mediação, foi possível obter deles expressões relacionando a solubilidade com a polaridade das moléculas. Os alunos foram também capazes de representar as estruturas dos compostos estudados, de realizar comparações entre as estruturas e de classificá-las em relação à polaridade. Além disso, relacionaram a presença do álcool, que é mais barato comercialmente que a gasolina, como um fator possível de ser explorado pelos postos de combustíveis na adulteração destes em relação à economia.

Parte dos conceitos acima obtidos das falas dos alunos (tais como “polaridade” e “solubilidade”) indicou o conhecimento dos mesmos em etapas escolares anteriores. As suas explicações, apresentadas no momento da aula, tornaram-se para nós, um indício de que o tratamento recursivo no contexto estudado caracterizou uma formação conceitual mais complexa nesse conteúdo, corroborado com a apresentação desses mesmos conceitos nos bons resultados obtidos nos testes.

Na Questão 2, os alunos tiveram maiores problemas de construir respostas mais adequadas. Alguns poucos alunos souberam responder à questão corretamente em relação à Habilidade 1, realizando a associação da volatilidade com a propriedade

específica da temperatura de ebulição, informando a substância mais volátil apresentada na questão. Porém, somente um aluno envolveu a expressão “*interações mais fracas*” para a substância como uma explicação para seu baixo ponto de ebulição.

Uma breve discussão sobre a Questão 2 foi realizada após o teste, porém os alunos se manifestaram pouco durante a discussão, aparentemente não mostrando grande lembrança sobre alguns conteúdos. A partir disso, foi possível perceber a necessidade de realizar uma revisita de conteúdos e conceitos como ligações, polaridades das ligações e interações intermoleculares, a serem abordados recursivamente no contexto das substâncias orgânicas. A interação com os alunos e com os seus conhecimentos formados nesses conteúdos seria importante para obter-se uma melhor aprendizagem.

Assim, a abordagem recursiva dos conteúdos parece mostrar-se como uma aliada à estruturação de um planejamento de aulas e da prática pedagógica, na perspectiva de construção de conhecimentos científicos pelos estudantes. Através de revisitas aos vários conceitos e conteúdos já trabalhados em outras etapas com os alunos, acredita-se que é possível proporcionar aprendizagem em nível mais complexo para os alunos que apresentam esses conhecimentos prévios, bem como para aqueles estudantes que não conseguiram aprender certos conceitos nesses momentos.

O Teste 2 foi aplicado após a quinta aula ministrada. Nesse momento, já haviam sido tratados vários conteúdos e conceitos sobre as propriedades dos materiais através de uma abordagem recursiva. Foi realizada a retomada de vários conceitos (ligações, polaridade, interações), já estudados pelos alunos em outros momentos escolares. Esperava-se, com os resultados desse teste, que os estudantes apresentassem melhores respostas e melhores explicações para os fenômenos e situações presentes nas questões em relação ao teste passado. Novamente foram propostas habilidades relacionadas às propriedades dos compostos orgânicos.

→ Questão 1

- Habilidade 1: Reconhecer as polaridades das moléculas apresentadas (sabão, gordura e água), percebendo que o sabão apresenta uma parte polar e uma parte apolar;
- Habilidade 2: Explicar a ação da limpeza por meio das interações entre a parte apolar do sabão e a gordura e sua parte polar com a água.

→ Questão 2

- Habilidade 1: Reconhecer, por meio de representações, uma parte polar exposta em vidro comum e uma parte apolar exposta em vidro tratado com clorotrimetilsilano [(CH₃)₃SiCl];
- Habilidade 2: Explicar através das interações intermoleculares as diferenças de retenção da água nos vidros.

Na Questão 1, a maior parte dos alunos conseguiu apresentar a habilidade de reconhecer a polaridade das estruturas apresentadas, sendo a água polar e a gordura apolar, porém poucos deles conseguiram perceber a estrutura do sabão apresentando uma longa cadeia carbônica apolar e uma ponta polar. Da mesma forma, a maior parte dos alunos conseguia apresentar explicações em parte corretas sobre o mecanismo de limpeza dos sabões. Eles mostraram entender que a água sozinha não poderia limpar o óleo, devido à diferença de polaridades e a não solubilidade da gordura na água. Apresentaram que, por esse motivo, utilizava-se o sabão. A capacidade de explicar por meio de interações entre a água e a parte polar do sabão e entre a parte apolar deste com as moléculas de óleo foi, entretanto, encontrada somente em poucas respostas.

Os alunos pareceram apresentar maiores dificuldades no entendimento da Questão 2, bem como em respondê-la corretamente, talvez pelo fato de as

representações estruturais apresentadas, a nosso parecer, serem pouco tratadas no decorrer do Ensino Médio, mesmo sendo o vidro um material tão comum e presente no cotidiano de todos. Quase metade dos alunos entendia que o vidro tratado seria uma boa escolha para os personagens da questão, e as formas de apresentação de respostas foram diversas, apresentando expressões como “os grupos CH_3 apolares irão repelir a água, polar, diferente do vidro comum”, “o vidro tratado repele a entrada de água e umidade” ou “a água não vai interagir com o vidro tratado”. Mas, aproximadamente metade dos alunos não apresentou as habilidades desejadas na Questão 2, apresentando argumentos bastante alternativos em relação ao conhecimento científico discutido em sala de aula, ou ainda nem apresentando explicações, somente copiando informações do texto referente à questão.

Na aula posterior à aplicação desse teste, entendíamos ser importante conhecer também as explicações para os fenômenos tratados no teste de forma verbal, ou seja, interagindo e discutindo os conhecimentos com os estudantes em sala de aula. O assunto da Questão 1 foi tratado, com a abordagem da ação de sabões e detergentes. O entendimento e as explicações para esse efeito são considerados de extrema importância e relevância para a formação do aluno, por se tratar de um fenômeno presente no cotidiano deles e de qualquer outro cidadão, bem como pela utilização desse conhecimento possibilitar intervenções e escolhas mais adequadas em seu dia a dia. Por meio do uso de uma simples experiência envolvendo a ação de sabões e detergentes, com água, óleo e detergente, os conceitos e habilidades tratadas na Questão 1 foram abordados recursivamente, com a utilização de conceitos de solubilidade, polaridade e interações intermoleculares no contexto da experiência. Nessa abordagem, dialogada com os alunos e por meio da interação entre os conhecimentos científicos e seus saberes, pela análise da boa qualidade da discussão e das explicações apresentadas pelos estudantes, entendeu-se que os estudantes haviam compreendido os conceitos de propriedades no contexto apresentado.

Assim, o conteúdo de propriedades dos materiais, em nossa opinião, havia sido aprendido. Os conhecimentos e habilidades relacionadas, como as explicações das causas dessas propriedades (ligações, polaridade, interações intermoleculares), conceitos já estudados pelos alunos em anos anteriores, também indicaram ter tido grande avanço em termos dos níveis de complexidade de explicações após a abordagem recursiva. Os alunos conseguiam entender e construir explicações para os fenômenos e as propriedades dos materiais nos contextos estudados, quando ocorriam discussões e interações de ideias mediadas por nossa prática pedagógica.

Entretanto, os resultados dos testes não foram condizentes com essa capacidade verbal. A maior parte das respostas foram inadequadas para as questões do Teste 2. Isso pareceu indicar que os alunos não apresentam grande proficiência na expressão e compreensão escrita, sendo incapazes de organizar e apresentar adequadamente suas idéias e explicações para os fenômenos nos contextos abordados, normalmente não encontrando, inclusive, as palavras corretas cientificamente. É um indicativo já apresentado por Pereira, que relata ser de geral “a dificuldade dos alunos em se expressarem de forma escrita” (Pereira et al., 2007).

O Teste 3 foi aplicado após a última aula ministrada, para ser realizado individualmente. Já haviam sido tratados, nesse ponto, vários conceitos sobre as propriedades dos materiais, como temperaturas de fusão e ebulição, com um tratamento recursivo, no contexto dos compostos orgânicos, realizando revisitas a conceitos como ligações, eletronegatividade, polaridade, interações intermoleculares, etc. Da mesma maneira que nos testes anteriores, foram propostas habilidades relacionadas às propriedades dos materiais.

→ Questão 1

- Habilidade 1: Reconhecer que o maior ponto de ebulição ocorre nos compostos com maior cadeia carbônica;
- Habilidade 2: Explicar através do modelo de interações intermoleculares as diferenças nos pontos de ebulição das substâncias apresentadas.

→ Questão 2

- Habilidade 1: Explicar as solubilidades com água das substâncias apresentadas através do modelo de interações intermoleculares;
- Habilidade 2: Relacionar a maior solubilidade de substâncias com suas menores cadeias carbônicas em contraste a outros compostos com maiores cadeias.

Na Questão 1, a maioria dos alunos conseguiu relacionar os dados apresentados no texto da questão com a resposta, reconhecendo que uma maior cadeia carbônica iria influenciar em uma maior temperatura de ebulição. A habilidade em explicar maiores temperaturas de ebulição por meio da discussão de interações mais intensas em um dos compostos apresentadas foi bem menos percebida nas respostas apresentadas. Boa parte dos estudantes apresentou em suas respostas explicações envolvendo expressões como “interações mais intensas” ou “polaridade das moléculas”, mas não atingiram uma resposta tão adequada.

Na Questão 2, as respostas foram bem variadas. Somente dois alunos conseguiram explicar adequadamente, por meio da apresentação de interações mais intensas do tipo ligação de hidrogênio entre os compostos estudados e a água. A maior parte dos estudantes informou sobre a existência de maior polaridade, relacionando esse dado a maior solubilidade, porém pareciam não conseguir relacionar as interações entre os compostos com a solubilidade. Somente três alunos conseguiram apresentar a Habilidade 2, explicando com argumentos como “cadeia menos polar” ou simplesmente “composto mais polar que os outros”, devido a menor cadeias carbônicas de substâncias mais solúveis em água, sem abordar, entretanto, os conceitos de interações. A maioria, infelizmente, simplesmente não reconheceu esse fato.

Esses resultados surpreenderam-nos, de certa forma. Com a abordagem recursiva dos conceitos, os alunos conseguiam discutir sobre o conteúdo durante as aulas, apresentando que haviam aprendido. Conforme as observações, a mediação das discussões durante a prática pedagógica foi bem sucedida, pois os alunos conseguiam elevar seus conhecimentos em propriedades dos materiais quando era realizada a interação entre fenômenos químicos, materiais trabalhados e suas propriedades e representação (modelos explicativos), focos de abordagem da Química conforme o PCN+ (Brasil, 2002), utilizando o contexto dos compostos orgânicos.

As explicações apresentadas pelos alunos nos testes pareceram demonstrar que alguns dos conceitos de interações nas substâncias, seus reconhecimentos, bem como suas diferenças e implicações nas propriedades dos materiais, podem não ter sido bem acomodados cognitivamente. Porém, essas explicações podem indicar que, apesar de os estudantes terem aprendido adequadamente os assuntos, conforme observado nas aulas, que os estudantes não conseguiam realizar uma compreensão das questões escritas – por falhas no entendimento representacional da Química e de suas expressões – ou não conseguiam se comunicar adequadamente de forma escrita, pela baixa capacidade no uso correto da língua para a apresentação das explicações e pela baixa capacidade de apresentação dos modelos, representações e linguagem tipicamente utilizados na ciência. Além disso, as dificuldades observadas nos testes também podem ser justificadas, de forma relacionada ao acima, pelos textos longos e pelos diversos contextos apresentados nos testes aplicados, em especial no Teste 3.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Retomando as questões problematizadoras deste trabalho, pode-se considerar que a recursividade é um instrumento pedagógico efetivo no processo ensino-aprendizagem de Química. Dessa forma, por meio da mediação de interações e discussões, conceitos anteriormente estudados pelos alunos são abordados em outros contextos, para a aprendizagem de novos conteúdos e, principalmente, a compreensão em níveis mais elaborados de complexidade. O conteúdo abordado com a intencionalidade recursiva promove a capacidade de sua utilização para resolução de problemas e auxilia no entendimento de abordagens do conhecimento de ordem conceitual, como nesse caso, as propriedades dos materiais, de acordo com a análise dos resultados da pesquisa explicitados.

Tem-se indicações para acreditar que um currículo que se utiliza de uma abordagem recursiva para sua estruturação, com a revisita constante de vários conteúdos em diferentes contextos, utilizando-se dos conhecimentos dos estudantes, das suas associações de conceitos e mediação de discussões realizadas, é capaz de promover a aprendizagem continuada e, conforme o tratamento dado pelo professor, mais significativa e relevante dos alunos. Esse modelo de abordagem possibilitou-nos, como apontam os dados, a promoção do trato de habilidades cognitivas de níveis mais complexos, explicitados na capacidade dos estudantes de elaborar novas concepções, de evoluir conceitualmente, elaborando novos modelos, chegando a níveis mais complexos das explicações fenomenológicas de seu dia a dia.

Sobre a recursividade aplicada no ensino de Química, algumas questões ainda restam:

– A recursividade pode ser desenvolvida em uma perspectiva de ferramenta de afastamento de características de ensino “tradicional”, tipicamente fragmentado, que normalmente trata como prioridade o desenvolvimento nos estudantes de habilidades cognitivas de ordem baixa, como repetição, memorização, nomeação e classificação?

– Pode-se, em sala de aula, utilizar abordagens recursivas como instrumentos para uma formação mais ampla e integrada do estudante como cidadão inserido num contexto social?

No trabalho de pesquisa realizado, foi muito interessante a observação de vários fatos recorrentes nos resultados obtidos. São temas ricos e de relevância para investigações posteriores na pesquisa no ensino, merecendo nossa atenção:

– As dificuldades apresentadas na expressão escrita pelos estudantes em suas explicações e em suas apresentações de respostas para questões problema. Como analisado, elas indicam ser justificadas por dois fatores, sendo possíveis de coexistir: a não capacidade de compreensão das representações e linguagem típicas da Química, por falhas no entendimento e aprendizagem desse aspecto conceitual, e a dificuldade no uso correto da língua e na sua interação com a apresentação dos modelos, representações e linguagem tipicamente utilizados na ciência.

Questões como essas não são o objetivo dessa pesquisa, mas são aqui indicadas como possíveis estudos posteriores, para que a recursividade possa ser conhecida com maior profundidade e, também, para a disponibilização de maior quantidade de material sobre essa temática tão interessante para os profissionais da educação e do ensino, mas com tão pouco material referencial disponível.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério da Educação – MEC. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Brasília, 1999.

- _____. Ministério da Educação – MEC, **PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília, 2002.
- GOMES, M. F. M. **A escrita e o diário reflexivo**. Revista Presença Pedagógica, v. 13, n. 78, p. 27-33. Belo Horizonte, 2007.
- GRUPO APEC. Ação e Pesquisa em ensino de ciências. **Por um novo currículo de ciências para as necessidades de nosso tempo**. Revista Presença Pedagógica, v. 9 n. 51, p. 42-55. Belo Horizonte, 2003.
- _____. Ação e Pesquisa em ensino de ciências. **Avaliação no ensino de ciências**. Revista Presença Pedagógica, v. 12 n. 67, p. 68-72. Belo Horizonte, 2006.
- HOUAISS, A. **Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa**. 2ª reimpressão. Editora Objetiva: São Paulo, 2007, p. 2406.
- LAVILLE, C., DIONNE, J. **A construção do saber**. 26ª edição, p. 178-182. Editora UFMG: Belo Horizonte, 2005.
- LIMA, M. E. C. C., **Princípios orientadores para o ensino de ciências ou o quê e como vamos ensinar?**. Material impresso. Belo Horizonte, 2006.
- MARCONI, M. A., LAKATOS, E. M. **Técnicas de Pesquisa**. 4ª edição. Editora Atlas: São Paulo, 1986.
- MILLAR, R., **Um currículo de ciências voltado para a compreensão por todos**. Tradução de Jordelina Lage Martins Wykrota e Maria Hilda de Paiva Andrade. Revista Ensaio, vol.5, n. 2, 2003, p. 73-91.
- MINAS GERAIS. Secretaria do Estado de Educação – SEE. **Conteúdos Básicos Comuns, Proposta Curricular, Química, Ensino Médio**. Belo Horizonte, 2007.
- MYNAIO, M. C. S. (org.). **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. 26ª edição, cap. 4, p. 79-108. Editora Vozes: Petrópolis, 2007.
- NASCIMENTO, S. S., VENTURA, P. C. S., SILVA, P. S. **Física e Química: uma avaliação do ensino**. Revista Presença Pedagógica, v. 9, n. 49, p. 20-33. Belo Horizonte, 2003.
- PEREIRA, A. S. et al. **Um estudo exploratório das concepções dos alunos sobre a Física do Ensino Médio**. Resumo apresentado no XVII SNEF, São Luis, 2007.
- RICCI, C. S. **Currículo: considerações históricas**. CRVP da SEE-MG, disponível em <http://www.crv.educacao.mg.gov.br>. Acesso em 06 set. 2009.
- ROCHA, W. R. **Interações Intermoleculares**. Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola, n. 4, p. 31-36, 2001.
- RUDIO, F. V. **Introdução ao projeto de pesquisa científica**. 11ª edição. Editora Vozes: Petrópolis, 1986.
- SILVA, T. T. **Currículo, conhecimento e democracia: as lições e as dúvidas de duas décadas**. Cadernos de Pesquisa, n. 73, pp. 59-66, 1990