

# Perguntas elaboradas por alunos sobre textos científicos: análise da aprendizagem por meio da taxonomia de Bloom

Valeska Soares Aguiar<sup>1\*</sup> (PG), José de Alencar Simoni<sup>1</sup> (PQ)

\*valeska.saguiar@gmail.com

<sup>1</sup>Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Campinas, São Paulo

*Palavras-Chave: aprendizagem, taxonomia de Bloom, textos científicos.*

## RESUMO:

A atividade prática desenvolvida neste trabalho consistiu na leitura e na interpretação de textos científicos com a posterior produção de perguntas relativas aos mesmos. Esta atividade foi aplicada para alunos do terceiro semestre de Engenharia Química, nas aulas práticas de Química Analítica. Os alunos trabalharam em duplas para produzir perguntas sobre o conteúdo do artigo lido. Em aula posterior, os artigos eram trocados e outros alunos respondiam as perguntas. Esse processo se repetiu em quatro aulas práticas. Nesse trabalho, as perguntas foram analisadas de acordo com os verbos e os advérbios utilizados na sua construção. Por meio das categorias pertencentes ao domínio cognitivo da taxonomia de Bloom, as perguntas foram classificadas em níveis distintos, e com base nessa classificação, fez-se uma análise do processo de aprendizagem promovido pelas leituras dos textos. Ao final, os resultados obtidos indicaram a produção de conhecimentos a partir da leitura dos textos.

## INTRODUÇÃO

A prática do ensino de Ciências considera o uso de aulas experimentais como essenciais para o aperfeiçoamento dos processos de ensino e de aprendizagem em sala de aula (SANTOS; SCHNETZLER, 1996). Os experimentos de Ciências e, mais especificamente, os experimentos de Química são práticas que, na maioria das vezes, funcionam como formas de visualização facilitada do conhecimento científico. Lôbo (2012) confirma essa asserção, mostrando ser esta a opinião dos alunos acerca da função dos experimentos de Ciências. Este autor afirma que, muitas vezes, a relação entre a teoria e a prática não é tão explícita e a ausência dessa relação pode prejudicar o processo de aprendizagem.

De acordo com Lôbo (2012), professores e alunos concordam com o fato de a aula experimental apresentar um caráter investigativo, que pode proporcionar uma visão mais clara sobre a construção do conhecimento científico. Para o alcance de tal objetivo, é fundamental que o experimento a ser aplicado esteja contextualizado com a vida do estudante, de forma a expor problemas reais que poderão ser enfrentados por este aluno e, com isso, estimular o desenvolvimento do perfil investigativo e criativo no discente (SANTOS; SCHNETZLER, 1996; SILVA; NÚÑEZ, 2002; GALIAZZI; GONÇALVES, 2004; LOPES et al., 2011).

Conforme explicam Silva e Núñez (2002), os experimentos são concebidos e estruturados, em grande parte das vezes, como roteiros ou “receitas” formulados para “dar certo”. Em outras palavras, os experimentos são pensados e montados de forma que o aluno alcance a resposta correta cientificamente, não possibilitando o surgimento do erro e, mais importante, o reconhecimento do erro de forma que o estudante possa construir um caminho para compreender o conhecimento científico envolvido. A aplicação de experimentos em aulas práticas de Ciências, portanto, deve ser repensada e reformulada, de maneira que o docente proponha contextos úteis na

realização dos experimentos a fim de que os alunos o pratiquem e compreendam sua(s) verdadeira(s) função(ões) e importância (GALIAZZI; GONÇALVES, 2004).

Massi et al. (2009) propõem a ideia de que mais importante que realizar “experimentos” de Ciências para visualização dos campos de aplicação dos conceitos científicos consiste na efetivação de “atividades práticas” de Ciências. Ao citar “atividades práticas”, os autores referem-se a qualquer tipo de atividade que envolva a participação e o desenvolvimento do raciocínio do aluno, excluindo as formas de ensino à base da transmissão de informações.

Há uma necessidade por desenvolver atividades mais envolventes, que conquistem os alunos e os façam ter prazer durante a sua realização. De acordo com Santos e Porto (2013), o crescente interesse por outros tipos de recursos didáticos e estratégias de ensino, diferentes dos experimentos de Ciências, aconteceu devido ao desinteresse discente pelas aulas de Ciências (e pelo conhecimento científico), constatado pelos próprios docentes.

Uma alternativa para o ensino experimental é o uso de atividades práticas que envolvem a leitura e a interpretação de textos científicos, sejam estes textos de divulgação científica ou artigos científicos. O primeiro tipo de literatura citada refere-se aos textos que apresentam uma linguagem mais próxima do público que tem contato com as Ciências, muito provavelmente, estudantes dos ensinos Fundamental e Médio. O segundo tipo de literatura científica apresenta uma linguagem característica da área da Química, sendo destinado para alunos de graduação e, principalmente, de pós-graduação por consistir em exposições detalhadas de pesquisas científicas. De acordo com Campanario (2004), os textos científicos são recursos didáticos que, ao contrário dos livros didáticos, mostram a forma como o conhecimento científico é construído, além de serem responsáveis pela concepção de que a Ciência é constituída por certezas que são sempre questionadas, e não por verdades absolutas que impõem erroneamente a visão no aluno de que o conhecimento é algo fixo e imutável.

No Ensino Superior, há uma tendência de se trabalhar com textos de artigos científicos, com o objetivo de o aluno visualizar os processos de construção do conhecimento científico, bem como perceber os campos de aplicação deste mesmo conhecimento. Nesse contexto, o presente trabalho visou analisar a aprendizagem dos alunos quando estes realizam a atividade de leitura e interpretação de textos de artigos científicos. A atividade consistiu não apenas em ler e produzir resumos sobre o conteúdo dos textos, como também produzir perguntas referentes ao conteúdo lido. Estas perguntas eram respondidas pelos próprios (outros) alunos, em aulas subsequentes conforme será explicado na seção Metodologia. Portanto, não eram perguntas elaboradas com o fim de questionar o texto, conforme mostram alguns trabalhos encontrados na literatura que também desenvolveram atividades de produção de perguntas, como Ferreira et al. (2012), Ferreira e Queiroz (2012) e Silva e Almeida (2005). As perguntas produzidas na atividade aplicada poderiam (e foram) respondidas a partir da leitura e da interpretação do artigo científico.

Neste trabalho, apenas as perguntas serão analisadas com o propósito de avaliar o processo de aprendizagem desenvolvido na aula por meio do recurso didático de leitura de textos científicos. É importante reafirmar que o que se pretende é criar uma forma de avaliar a aprendizagem a partir da classificação das perguntas formuladas. Para isso, foi utilizado como referencial teórico para análise dos discursos (perguntas) produzidos a taxonomia de Bloom.

## REFERENCIAL TEÓRICO: TAXONOMIA DE BLOOM

A taxonomia de Bloom teve o início do seu desenvolvimento na década de 1950, com Bloom e seus colaboradores (BLOOM; KRATHWOHL, 1956). Ela surgiu com o fim de realizar um planejamento didático-pedagógico com objetivos instrucionais e educacionais, com base em três eixos estruturantes de domínio da aprendizagem: cognitivo, psicomotor e afetivo. Atualmente, os eixos são referidos como: conhecimento, habilidades e atitudes.

Aqui, estamos interessados no domínio *cognitivo*, que considera a passagem gradativa do aluno de conceitos científicos mais simples para mais avançados, em um processo de transposição de patamares denominados de acordo com a ação e com a habilidade a ser desenvolvida no aluno (FERRAZ; BELHOT, 2010).

Para Bloom, há seis níveis ou patamares de aprendizagem que os alunos necessariamente transitam para a efetivação do processo de aprendizagem, sendo eles: Conhecimento, Compreensão, Aplicação, Análise, Síntese e Avaliação. Após a reformulação de Anderson (1999), os níveis de Síntese e de Avaliação trocaram de posição, por se considerar que os pensamentos criativo e crítico do aluno apresentam o mesmo grau de importância e, talvez, o fato de se tornar crítico (nível da Avaliação) anteceda o de tornar-se criativo (nível da Síntese). De acordo com a teoria, a passagem pelos seis níveis cognitivos acontece da seguinte forma: o alcance de um nível superior de aprendizagem só se efetiva se o aluno tiver alcançado um desempenho satisfatório em nível anterior, caso contrário, ele continuará no mesmo nível até que desenvolva habilidade naquela ação e tenha os subsídios necessários para alcançar níveis mais avançados de aprendizagem.

Essa concepção de níveis cognitivos de aprendizagem foi desenvolvida por Bloom et al. (1971) devido a observações realizadas em sala de aula, em que se notava que alguns alunos apresentavam um desenvolvimento cognitivo superior a outros inseridos no mesmo contexto de aprendizagem. Ou seja, havia uma diferença de competências adquiridas ao aplicar o mesmo método de ensino para alunos diferentes. Essa diferença precisava ser estudada e, com isso, era preciso que houvesse uma revisão sobre os métodos e as técnicas de ensino e sobre as formas possíveis de se avaliar a aprendizagem, de forma que todos os alunos tivessem as condições necessárias para se desenvolver cognitivamente.

Por meio da criação dos patamares de aprendizagem, Bloom pôde associar verbos que caracterizavam cada um dos níveis cognitivos e estabelecer uma diferenciação entre substantivos e verbos, associando aos primeiros a dimensão Conhecimento (*o que fazer*) e, aos segundos, a dimensão Processo Cognitivo (*como fazer*). O Processo Cognitivo refere-se ao processo por meio do qual o discente internaliza dado conhecimento, efetivando a aprendizagem. A denominação de cada patamar de aprendizagem foi, em um primeiro momento, colocada como substantivos e, em um segundo momento, após algumas modificações e reformulações da taxonomia (ANDERSON, 1999; KRATHWOHL, 2002), denominada com a utilização de verbos, conforme pode ser observado no Quadro 1, que contém cada um dos seis níveis de aprendizagem pertencentes ao domínio cognitivo da taxonomia de Bloom, bem como os verbos de ação que caracterizam cada nível. A denominação por meio de verbos indica mais claramente o que cada patamar de aprendizagem deseja desenvolver, na forma de habilidades e competências, no aluno.

Os verbos que caracterizam, e que estão associados a cada um dos seis níveis de aprendizagem, são verbos que podem ser empregados em atividades práticas junto aos alunos, dependendo do patamar que se deseja desenvolver. Quando o docente perceber um desempenho discente adequado, ele pode desenvolver atividades que

almejem ações do patamar subsequente e assim por diante. No caso deste trabalho, a atividade de elaboração de perguntas pelos alunos permitiu que, em sua composição, os alunos usufríssem de um ou mais verbos, que indicariam sua compreensão diante da leitura do artigo científico e, conseqüentemente, sua aprendizagem por meio de tal atividade prática.

Quadro 1: Estrutura da taxonomia de Bloom, domínio cognitivo

<b>Categoria original</b>	<b>Categoria revisada</b>	<b>Habilidade desenvolvida</b>	<b>Alguns verbos característicos</b>
1. Conhecimento	1. Lembrar	Lembrar informações e conteúdos abordados como fatos	Definir, descrever, identificar, denominar, listar, relembrar, reproduzir, reconhecer
2. Compreensão	2. Entender	Compreender o conteúdo, ou seja, significá-lo, interpretá-lo e não somente apreendê-lo	Construir, definir, dar exemplos, explicar, ilustrar, discutir, interpretar, resumir, reescrever, inferir
3. Aplicação	3. Aplicar	Usar o conhecimento adquirido e compreendido e conseguir aplicá-lo em uma situação-problema concreta	Aplicar, alterar, programar, desenvolver, empregar, interpretar, esboçar, escrever, operar, praticar, executar
4. Análise	4. Analisar	Compreender toda a estrutura que subjaz o conhecimento adquirido, estabelecer relações	Analisar, reduzir, deduzir, determinar, comparar, identificar, questionar, examinar, experimentar
5. Síntese	6. Criar	Criar algo novo, após ter conseguido estabelecer relações	Categorizar, generalizar, explicar, elaborar, combinar, projetar, planejar, produzir
6. Avaliação	5. Avaliar	Julgar, se posicionar criticamente diante do que foi criado	Avaliar, escolher, comparar, criticar, decidir, detectar, julgar, justificar, resolver, selecionar, checar, explicar

Fonte: Bloom e Krathwohl (1956), Anderson (1999), Krathwohl (2002).

O Quadro 1 informa que o verbo explicar pode ser aplicado em mais de um patamar de aprendizagem, assim como outros verbos, pois o significado de sua ação dependerá do contexto de aplicação do verbo. Por exemplo, uma pergunta pode pedir uma explicação que intencione apenas a compreensão de um problema, mas também pode intencionar uma explicação após uma análise crítica de determinado problema.

## METODOLOGIA

A atividade prática desenvolvida consistiu na leitura e na interpretação de textos de artigos científicos por 24 alunos do terceiro semestre do curso de Engenharia Química de uma instituição de ensino superior privada, na disciplina de Química

Analítica. A atividade ocorreu em quatro aulas práticas, cada uma com duração de uma hora e quarenta minutos, que acontecia semanalmente.

Os artigos científicos foram selecionados da revista Química Nova, todos de língua portuguesa, escolhidos de forma a conter no máximo cinco páginas e com uma linguagem mais acessível ao aluno de graduação. Os temas dos artigos consistiram em pesquisas científicas atuantes na resolução de problemas de ordem industrial, nas áreas alimentar, ambiental e de desenvolvimento de materiais. Todos eles utilizam métodos instrumentais de análise para o desenvolvimento da pesquisa relatada. Os doze artigos selecionados se encontram no Quadro 2.

**Quadro 2: Referências dos textos científicos selecionados da revista Química Nova**

<b>nº</b>	<b>Autor(es) principal(is); Título do artigo</b>	<b>Volume, número, páginas, ano</b>
1	Costa et al.; Uso de irradiação de micro-ondas na determinação espectrofotométrica de cromo com EDTA.	v.22, n.2, p.194-196, 1999
2	Küchler e Silva; Método potenciométrico para determinação de cobre em cachaça.	v.22, n.3, p.339-341, 1999
3	Kniess et al.; Estudo do efeito da quantidade de óxido de ferro em cinzas pesadas de carvão mineral na obtenção de vitrocerâmicos.	v.25, n.6, p.926-930, 2002
4	Pataca et al.; Determinação de arsênio em águas contaminadas usando fluorescência de raios-X por energia dispersiva.	v.28, n.4, p.579-582, 2005
5	Santos et al.; Identificação e quantificação do cristal violeta em aguardentes de mandioca (tiquira).	v.28, n.4, p.583-586, 2005
6	Silveira et al.; Determinação de contaminantes em óleos lubrificantes usados e em esgotos contaminados por esses lubrificantes.	v.29, n.6, p.1193-1197, 2006
7	Almeida et al.; Composição química de um resíduo alcalino da indústria de papel e celulose (DREGS).	v.30, n.7, p.1669-1672, 2007
8	Rossetto et al.; Caracterização de argilas bentonitas e diatomitas e sua aplicação como adsorventes.	v.32, n.8, p.2064-2067, 2009
9	Pereira-Junior et al.; Determinação direta de Ca, Mg, Mn e Zn em amostras de leite de búfala da ilha de Marajó por espectrometria de absorção atômica com chama (FAAS).	v.32, n.9, p.2333-2335, 2009
10	Silveira et al.; Determinação de metais em óleos lubrificantes, provenientes de motores de ônibus urbano, utilizando a FAAS.	v.33, n.9, p.1863-1867, 2010
11	Ribeiro et al.; Efeito da adição de serragem de couro tratada quimicamente nas propriedades do cimento Portland.	v.34, n.6, p.979-983, 2011
12	Oliveira et al.; Avaliação do potencial de uso da hidroxiapatita para fertilização de solos.	v.36, n.6, p.790-792, 2013

Durante as aulas de aplicação da atividade prática, os alunos foram divididos em duplas, com o objetivo que a composição das perguntas e das respostas acontecesse por meio da troca de ideias, estimulando um trabalho cooperativo entre os estudantes. Em cada aula, cada dupla recebia um artigo científico diferente selecionado pela professora. Nas aulas seguintes, os artigos eram trocados pelas

duplas mediante sorteio realizado pela docente. Assim, cada aluno tinha a tarefa de produzir um resumo sobre o que havia compreendido do artigo e três perguntas sobre o artigo que seriam respondidas por outra dupla de alunos na aula seguinte. Na terceira aula, repetia-se a tarefa de leitura e elaboração de perguntas e, na quarta, a elaboração de respostas. Especificamente neste trabalho, será focada a análise da aprendizagem a partir das perguntas elaboradas.

No início da aula, os alunos receberam algumas informações importantes sobre o desenvolvimento das perguntas relativas ao conteúdo do artigo. As condições sugeridas para a elaboração das perguntas foram as seguintes: 1) as perguntas deveriam estar contextualizadas com a pesquisa relatada no artigo, 2) as perguntas deveriam estar contextualizadas com o conhecimento previamente adquirido pelo aluno até aquele momento, 3) as perguntas poderiam conter mais de um questionamento, 4) as perguntas poderiam ter uma resposta implícita no texto, 5) as perguntas poderiam se referir à linguagem simbólica utilizada, como imagens e gráficos, e não apenas ao texto escrito, e 6) ao menos uma pergunta deveria se referir a uma das técnicas analíticas abordada no artigo.

As três perguntas elaboradas pelas duplas de alunos em cada uma das duas aulas (duas aulas de elaboração de perguntas e duas aulas de elaboração de respostas) eram redigidas em uma folha de papel almaço, cada uma em uma página diferente.

As perguntas foram classificadas em três categorias distintas, sendo que uma mesma pergunta poderia se enquadrar em mais de uma categoria. São elas: categoria Conhecimento/Compreensão, categoria Aplicação e categoria Análise/Síntese/Avaliação.

Uma pergunta que se enquadrasse na categoria Conhecimento/Compreensão deveria apresentar os verbos característicos desses dois níveis cognitivos de Bloom, como *listar*, *memorizar*, *definir*, *explicar*, *descrever* e *dar exemplos* ou então advérbios que também indicassem tais ações (*o que* e *qual*, por exemplo). Para pertencer à categoria Aplicação, as perguntas deveriam ser formadas por verbos que sugerissem a aplicação de conhecimentos científicos, como *aplicar*, *desenvolver* e *interpretar* ou o advérbio *como*. Já uma pergunta da categoria Análise/Síntese/Avaliação era composta por verbos que exigiam o desenvolvimento de um raciocínio e a construção/produção de conhecimentos, como *analisar*, *comparar*, *elaborar*, *produzir*, *avaliar* e *criticar*. Com isso, visualizando os verbos usados em cada conjunto de perguntas para cada artigo científico trabalhado, foi possível ter subsídios para indicar o(s) possível(is) nível(is) de aprendizagem que o aluno se apresentava a partir da leitura de determinado artigo científico.

## RESULTADOS

Como resultados, observou-se que cerca de 80% das perguntas produzidas foram categorizadas como de Conhecimento/Compreensão. Pode-se dizer que este era um resultado esperado, haja vista que dentro dessa categoria encontram-se os verbos mais usuais de colocação em perguntas diretas. Foram as perguntas que remeteram a definições, descrições e explicações que se encontravam dentro dos limites do artigo científico.

Para o artigo 9, "Determinação direta de Ca, Mg, Mn e Zn em amostras de leite de búfala da ilha de Marajó por espectrometria de absorção atômica com chama

(FAAS)”, 100% das perguntas elaboradas se enquadraram nessa categoria. Um exemplo de pergunta construída após a leitura desse artigo foi:

Qual foi a diluição considerada adequada para as amostras de leite de búfala? Essa diluição foi eficiente para a determinação de todos os compostos do analito? Explique como a concentração pode influenciar na identificação de compostos com teores mais elevados em amostras.

Nessa pergunta, percebe-se o uso do advérbio *qual* no primeiro questionamento e, no segundo, a indução a uma resposta curta positiva ou negativa. O terceiro questionamento pede uma explicação, ou seja, para respondê-la, o aluno deve compreender minimamente o texto, pois a resposta encontra-se dentro de seus limites. Não há necessidade de conhecimento prévio, nem aplicação de tal conhecimento na composição da resposta, apenas uma explicação coerente com o texto já seria suficiente como resposta.

Outro exemplo de pergunta nessa categoria foi produzida a partir da leitura do artigo 11, “Efeito da adição de serragem de couro tratada quimicamente nas propriedades do cimento Portland”. Para este artigo, também 100% das perguntas encontraram-se na categoria Conhecimento/Compreensão. O exemplo de pergunta é o seguinte: “Quais os fatores que influenciaram a escolha do resíduo proveniente do couro para a fabricação do cimento?”. Ao perguntar “quais os fatores”, os alunos autores da pergunta referem-se a um procedimento de listagem de fatores que, certamente, teriam sido citados pelos autores do artigo, uma vez que a pergunta especifica o processo de escolha do resíduo do couro para a produção de cimento. Novamente, esse é um exemplo de pergunta que apenas permite que o respondente permaneça na compreensão e no entendimento superficial do texto, sem a necessidade ou a possibilidade de inserção de conhecimentos prévios, de acordo com o que foi questionado.

As perguntas classificadas dentro do nível Aplicação pertencem a um patamar cognitivo superior ao de Conhecimento e Compreensão, indicando que os alunos não apenas compreenderam o conteúdo do texto, como também foram capazes de desenvolver um raciocínio acerca do mesmo, aplicando conhecimentos. Muitas perguntas foram classificadas tanto no nível de Conhecimento/Compreensão como de Aplicação, indicando uma interpretação satisfatória e superior do texto em relação àquelas de Conhecimento/Compreensão.

Para o artigo 8, “Caracterização de argilas bentonitas e diatomitas e sua aplicação como adsorventes”, observaram-se 33% de perguntas dentro da categoria Aplicação. O exemplo a seguir ilustra um tipo de pergunta nessa classificação:

Conforme o artigo, o corante não apresenta afinidade pela superfície externa das “CNs”, assim quando o corante se difundir para a região interlamelar ele passa a ser favorável. Conforme as figuras 5 e 6, explique:

- a) Como é o processo de adsorção interlamelar do corante na argila.
- b) Qual é o fator positivo para esse processo? E o negativo? Justifique.

O uso dos verbos *explicar* e do advérbio *como* no item (a) exige que o respondente aplique seus conhecimentos na formulação de uma explicação coerente para o processo de adsorção interlamelar. Este é um assunto especificado no texto científico, mas, ao mesmo tempo, o respondente deve utilizar seu próprio conhecimento prévio para aperfeiçoar sua explicação sobre processos adsorptivos. A necessária compreensão do artigo pedida implicitamente no item (a) e o questionamento (b) pedindo um resposta objetiva e direta permitem incluir essa

pergunta dentro das duas categorias anteriormente citadas, ou seja, dentro dos três níveis iniciais da taxonomia de Bloom.

Como exemplo de pergunta que se encaixa tão somente na categoria Aplicação, é aquela produzida para o artigo 7, “Composição química de um resíduo alcalino da indústria de papel e celulose (DREGS)”:

Um dos métodos utilizados para análise do dregs foi o de espectroscopia de infravermelho. Observe o espectro da figura 1 e explique como é feito o reconhecimento dos elementos da amostra neste tipo de análise.

A pergunta transcrita se inicia com um enfoque explícito sobre a técnica de análise por espectroscopia no infravermelho. Assim, muito provavelmente, para elaborar uma resposta coerente, o respondente deve resgatar conhecimentos prévios sobre interpretação de espectros de infravermelho. O uso do verbo *explicar*, na constituição dessa pergunta, exige que o respondente explique o que entendeu sobre como é feito o reconhecimento de elementos por meio da técnica analítica citada. Ou seja, não bastava a compreensão do texto científico, o respondente deveria saber como aplicaria seu próprio conhecimento para explicar o método empregado na pesquisa científica relatada. Como, para *aplicar* os conceitos e *explicar* de que forma aconteceria a interpretação do espectro, o respondente teria que *observar* e *analisar* um dos espectros do artigo, isso significa que seria preciso uma Análise/ uma Síntese/ e uma Avaliação. A própria explicação pedida pela pergunta pode se referir à construção e ao desenvolvimento de um raciocínio a fim de que se consigam estabelecer relações entre o que o respondente já conhecia e o novo conhecimento que lhe era apresentado.

Em meio a esse contexto de perguntas que se classificam dentro da categoria Análise/Síntese/Avaliação, é importante destacar duas perguntas formuladas para o artigo 4, “Determinação de arsênio em águas contaminadas usando fluorescência de raios-X por energia dispersiva”, que apresentou 50% das perguntas classificadas nesta categoria. A primeira pergunta formulada foi a seguinte:

Identifique ao menos dois métodos analíticos usados para a determinação de arsênio em águas contaminadas, faça uma comparação entre eles e explique qual é o mais recomendado.

Conforme o Quadro 1, o verbo *identificar*, utilizado inicialmente para a composição da pergunta, pertence à categoria Análise. Pois, para que o respondente seja capaz de *identificar* dois métodos analíticos, é necessário que ele analise o que seria um método analítico e perceba qual foi utilizado para a resolução do problema do artigo. A seguir a pergunta pede uma *comparação*, também associada à categoria Análise e, por fim, pede uma *explicação*, indicando qual método deve ser o mais recomendado. Para que o respondente tenha condições de fazer tal recomendação, ele precisa ter interpretado e compreendido minimamente o sentido e os objetivos do texto. Neste caso, então, o uso do verbo *explicar* indicaria tanto o nível de aprendizagem da Compreensão como da Avaliação, pois há uma dependência implícita na opinião crítica do respondente, além daquela supostamente apontada pelo texto científico, em saber qual dos métodos seria mais recomendado.

Muitas perguntas que foram classificadas no nível Análise/Síntese/Avaliação utilizaram diretamente o verbo *analisar*. Uma das perguntas que foram produzidas utilizando tal verbo e que vale a pena destacar, é a seguinte:

Analisando a tabela 1, conclui-se que as águas Quadrilátero Ferrífero se encontram altamente contaminadas com arsênio. Com base no artigo e nos seus conhecimentos, apresente uma proposta de tratamento das águas, para que a concentração de arsênio passe a ser aceita pela Anvisa.

Como referência à linguagem simbólica utilizada pelo texto científico (imagens, gráficos ou tabelas, por exemplo), a dupla de alunos autores da pergunta iniciam a pergunta induzindo a conclusão da *análise* de uma das tabelas do artigo já alcançada por eles. Logo depois, utilizam o verbo *apresentar* associado a uma proposta para tratamento de águas, de forma que o teor de arsênio se reduza e fique dentro das normas. Em outras palavras, uma das formas de se chegar ao que pede a pergunta é por meio da análise da já citada tabela do texto, deixando implícita uma reflexão sobre as informações contidas na mesma.

O pedido indireto de uma *análise* já realizada pelos autores, somado à criação, à síntese e à proposição de uma ideia para o tratamento de águas contaminadas com arsênio, caracterizam a pergunta na terceira categoria e nos três últimos patamares de Bloom. O aluno, para responder, deverá desenvolver um raciocínio que contemple o pedido da proposta e, ao mesmo tempo, seja crítico diante do que seus conhecimentos o incitarão a propor. Ou seja, ele tem que resgatar suas concepções prévias, adquiridas de acordo com suas condições de produção, de fonte escolar ou social, imediatas ou não, para que elas ancorem e alicercem seu raciocínio. Ao ser capaz de estabelecer essa ponte com aquilo que ele já sabe e expor sua visão crítica e criativa sobre o assunto, pode-se afirmar que o processo de aprendizagem foi efetivado, pois é no momento de resgate de conhecimentos e do estabelecimento de conexões com o novo que lhe é apresentado que o aluno consegue produzir novos conhecimentos. E, por sua vez, a produção de novos conhecimentos e a reconstrução dos antigos significa aprendizagem, no âmbito dos conceitos inerentes à aprendizagem reconstrutiva, em que o esforço por aprender é estritamente do discente (DEMO, 2012).

Após discutir alguns exemplos de perguntas que se enquadraram nas três categorias de aprendizagem formuladas com base na taxonomia de Bloom, apresenta-se, na Figura 1, um histograma relativo à frequência de perguntas de cada nível gerada pela leitura e interpretação de cada um dos doze artigos científicos.

É importante destacar que a frequência das perguntas é dependente dos alunos que participaram da pesquisa e de suas condições de produção, bem como da compreensão e do contexto de entendimento individual deles. De forma geral, pode-se concluir que alguns artigos proporcionaram de forma mais intensa a produção de perguntas de determinada categoria em comparação as outras.

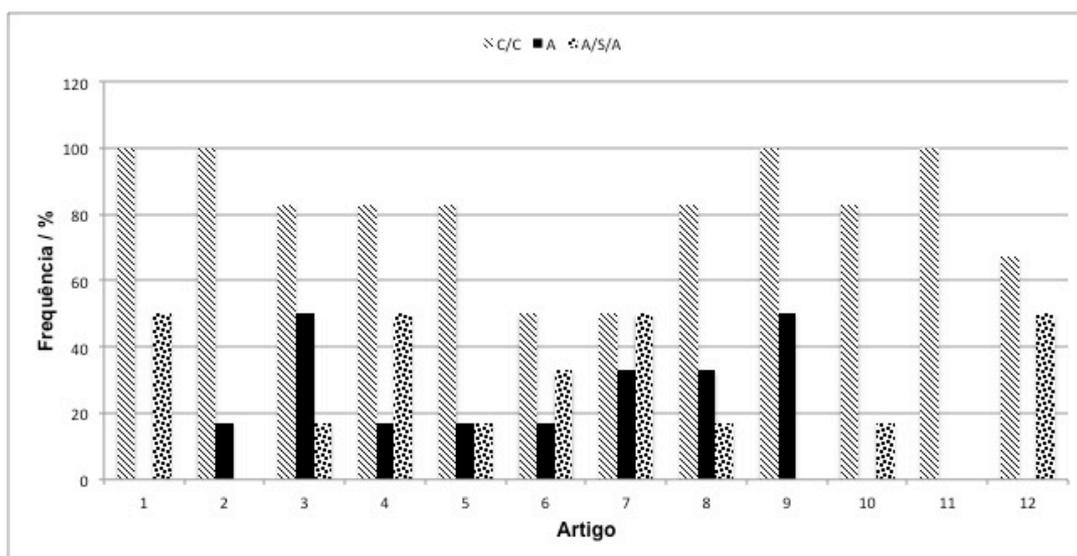


Figura 1: Histograma relativo à frequência de perguntas que surgiram a partir da leitura de cada artigo (C/C: Conhecimento/Compreensão, A: Aplicação, A/S/A: Análise/Síntese/Avaliação)

Por meio da análise do histograma da Figura 1, percebe-se que todos os artigos proporcionaram a produção de perguntas da categoria Conhecimento/Compreensão. Os dados indicam que os níveis de aprendizagem do Conhecimento e da Compreensão são os níveis iniciais pelos quais todos os alunos devem passar. O tempo que cada um permanece nesses estágios iniciais depende do contexto escolar e social, como também do desenvolvimento cognitivo do aluno, que foi estimulado por meio da atividade de leitura de textos. A permanência intensa nesses níveis iniciais está associada a compreensão do sentido supostamente antecipado pelos autores do artigo, ou seja, o sentido dominante do mesmo. O entendimento desse sentido é satisfatório e é o primeiro passo para que o aluno tenha condições de ascender para níveis superiores de aprendizagem. Nestas etapas iniciais, pode-se dizer que a aprendizagem ocorre por memorização e tem-se início ao processo de interpretação de texto.

Após o desenvolvimento das habilidades de interpretação e compreensão, os alunos têm condições de superar os limites do texto e iniciar o processo de interpretação juntamente com a aplicação de seu conhecimento, seja aquele que ele resgata durante a leitura, ou aquele que é internalizado durante a leitura. Assim, há a transposição para um novo patamar de aprendizagem, a Aplicação, em que o raciocínio do aluno é estimulado a ter um desenvolvimento mais intensificado.

A aplicação de conhecimento adquirido pelo aluno em áreas diferentes daquela que foi discutida pelo artigo científico sinaliza que o aluno já começa um processo de passagem para níveis ainda mais superiores, como a Análise e a Síntese. Quando o aluno *aplica, desenvolvendo* um raciocínio e *(re)construindo* conhecimento com base naqueles que já foram internalizados, é possível afirmar que a aprendizagem se efetiva no domínio cognitivo, pois permite o desenvolvimento de habilidades superiores, além do *conhecer*, do *compreender* e do *aplicar*, atingindo patamares que permitem a atuação dos pensamentos *crítico* e *criativo*.

Por meio da Figura 1, percebe-se que o artigo 11, “Efeito da adição de serragem de couro tratada quimicamente nas propriedades do cimento Portland”, não proporcionou condições de produção para que os alunos elaborassem perguntas em níveis superiores de aprendizagem. Enquanto que os demais, de forma mais e menos intensa, permitiram a passagem para níveis superiores. Para esse grupo de artigos,

pode-se destacar os artigos 1 (“Uso de irradiação de micro-ondas na determinação espectrofotométrica de cromo com EDTA”), 3 (“Estudo do efeito da quantidade de óxido de ferro em cinzas pesadas de carvão mineral na obtenção de vitrocerâmicos”), 4 (“Determinação de arsênio em águas contaminadas usando fluorescência de raios-X por energia dispersiva”), 7 (“Composição química de um resíduo alcalino da indústria de papel e celulose (DREGS)”), 9 (“Determinação direta de Ca, Mg, Mn e Zn em amostras de leite de búfala da ilha de Marajó por espectrometria de absorção atômica com chama (FAAS)”) e 12 (“Avaliação do potencial de uso da hidroxiapatita para fertilização de solos”) que apresentaram 50% de perguntas categorizadas nos níveis Aplicação ou Análise/Síntese/Avaliação. Este resultado pode indicar que tais artigos seriam mais propícios para o desenvolvimento da atividade, de forma a tornar o processo de aprendizagem efetivo, uma vez que permitem que os alunos resgatem conhecimentos anteriores com mais facilidade, ressignificando-os e compreendam aqueles internalizados durante a leitura, o que pode ser justificado pela maior proximidade de contexto desses artigos com a vida escolar e social dos alunos.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A elaboração de perguntas, aliada a atividade de leitura e interpretação de artigos científicos, mostrou sinais de que pode ser muito produtiva em termos de efetivação do processo de aprendizagem. Por meio de um recurso didático diferente da experimentação, de acordo com a proposta de análise dos resultados obtidos, concluiu-se que a produção de conhecimentos nos alunos aconteceu de forma satisfatória nas aulas práticas de Química Analítica, uma vez que os mesmos mostraram resgate de conhecimentos previamente adquiridos em outro momento, durante outras leituras, para desenvolver e ampliar seu raciocínio acerca do conteúdo da pesquisa relatada em cada texto.

O surgimento de perguntas classificadas em níveis de aprendizagem superiores aos do Conhecimento e da Compreensão indicou que os textos científicos empregados, cada qual com sua intensidade, permitiram o desenvolvimento cognitivo do aluno, bem como o desenvolvimento de seu pensamento criativo e crítico. Assim, o aluno teve a possibilidade de perceber outros campos de aplicação do conhecimento científico e as formas diferentes como o mesmo é produzido e (re)construído, contribuindo positivamente com seu processo de aprendizagem.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, L. W. **Rethinking Bloom's Taxonomy**: implication for testing and assessment. Columbia: University of South Carolina, 1999.

BLOOM, B. S.; HASTINGS, J. T.; MADAUS, G. F. **Handbook on formative and sommative evaluation of student learning**. New York: McGraw-Hill, 1971.

BLOOM, B. S.; KRATHWOHL, D. R. **Taxonomy of educational objectives**. New York: David Mckay, 1956.

CAMPANARIO, J. M. Algunas posibilidades del artículo de investigación como recurso didáctico orientado a cuestionar ideas inadecuadas sobre la ciencia. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v.22, n.3, p.365-378, 2004.

DEMO, P. Pesquisa como Princípio Educativo na Universidade. In: MORAES, R.; LIMA, V. M. R. **Pesquisa em Sala de Aula – tendências para a educação em novos tempos**. 3. ed. Porto Alegre: ediPUCRS, 2012.

FERRAZ, A. P. C. M.; BELHOT, R. V. Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais. **Gestão & Produção**, São Carlos, v.17, n.2, p.421-431, jan. 2010.

FERREIRA, L. N. A.; IMASATO, H.; QUEIROZ, S. L. Textos de divulgação científica no ensino superior de química: aplicação em uma disciplina de Química Estrutural. **Educación de la Química**, Cidade do México, v.23, n.1, p.49-54, jan. 2012.

FERREIRA, L. N. A.; QUEIROZ, S. L. Perguntas elaboradas por graduandos em química a partir da leitura de textos de divulgação científica. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v.12, n.1, p.139-160, 2012.

GALIAZZI, M. C.; GONÇALVES, F. P. A natureza pedagógica da experimentação: uma pesquisa na licenciatura em química. **Química Nova**, São Paulo, v.27, n.2, p.326-331, mar./abr. 2004.

KRATHWOHL, D. R. A revision of Bloom's taxonomy: an overview. **Theory in Practice**, Columbus, v.41, n.4, p.212-218, set./out. 2002.

LÔBO, S. F. O trabalho experimental no ensino de química. **Química Nova**, São Paulo, v.35, n.2, p.430-434, set. 2012.

LOPES, R. M., et al. Aprendizagem baseada em problemas: uma experiência no ensino de química toxicológica. **Química Nova**, São Paulo, v.34, n.7, p.1275-1280, mar. 2011.

MASSI, L., et al. Artigos científicos como recurso didático no ensino superior de química. **Química Nova**, São Paulo, v.32, n.2, p.503-510, jan. 2009.

SANTOS, W. L. P.; PORTO, P. A. A pesquisa em ensino de química como área estratégica para o desenvolvimento da química. **Química Nova**, São Paulo, v.36, n.10, p.1570-1576, out. 2013.

SANTOS, W. L. P.; SCHNETZLER, R. P. Função social: o que significa ensino de química para formar cidadão? **Química Nova na Escola**, São Paulo, n.4, p.28-34, nov. 1996.

SILVA, H. C.; ALMEIDA, M. J. P. M. O deslocamento de aspectos do funcionamento do discurso pedagógico pela leitura de textos de divulgação científica em aulas de física. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, São Paulo, v.4, n.3, p.1-25, 2005.

SILVA, S. F.; NÚÑEZ, I. B. O ensino por problemas e trabalho experimental dos estudantes – reflexões teórico-metodológicas. **Química Nova**, São Paulo, v.25, n.6B, p.1197-1203, nov./dez. 2002.