

## Os três aspectos do conhecimento químico: desenvolvendo relações sobre o tema soluções

Débora Piai Cedran  
Jaime da Costa Cedran  
Mariana Cavichioli Alves  
Matheus Devanir Custódio

225

**Resumo:** O presente estudo busca apresentar uma forma alternativa de ensinar o conceito de solubilidade de gases em líquidos, de forma a evidenciar o aprendizado por meio dos três aspectos do conhecimento químico. O conceito foi articulado aos três aspectos pela temática: “Porque pela Legislação é considerado crime ambiental, lançar água aquecida em Rios, Lagos e Mares, mesmo quando se trata de água limpa?” Nesse sentido, os alunos responderam as questões referentes a uma atividade experimental investigativa. O experimento teve como objetivo a observação de mudanças em amostras de água (contendo indicador ácido-base) ocasionada pela saída de gases. Pelas respostas dos alunos aos questionários e a pergunta problema, foram encontradas evidências de que a atividade promoveu a construção de conhecimentos sobre solubilidade e que os alunos puderam articular os três aspectos do conhecimento químico utilizando a linguagem química para descrever algumas hipóteses sobre os fenômenos observados.

**Palavras chave:** Sequência didática. Dissolução de gases. Aspectos do conhecimento químico.

### The three aspects of chemistry knowledge: developing relationships about the theme of solutions

**Abstract:** This study presents an alternative form of teaching the concept of the solubility of gases in liquids in order to show learning by means of the three aspects of chemistry knowledge. The concept was linked to the three aspects by the theme: “Why is releasing heated water into rivers, lakes and seas, even when clean, legally considered an environmental crime?” The students responded to questions that referred to an investigative experimental activity. The experiment aimed to observe changes in water samples (containing an acid-base indicator) caused by the exit of gases. The responses to the questionnaires and the problem question showed that the activity promoted the construction of knowledge about solubility and that the students could link the three aspects of chemistry knowledge using chemistry language to describe a few hypotheses about the observed phenomena.

**Key words:** Didactic sequence. Dissolution of gases. Aspects of chemistry knowledge.

### Considerações sobre os três aspectos do conhecimento químico e o tema soluções

A química é uma ciência que estuda a composição, as propriedades e a estrutura da matéria, assim como as transformações por ela sofridas e sua relação com várias formas energia (FERREIRA, 2015), logo, a todo o momento estamos em contato com fenômenos químicos nos mais variados ambientes.



Por esse motivo, o cotidiano e as interações firmadas com o ambiente físico e social devem proporcionar melhor reconhecimento ao conteúdo curricular sem especificação, estabelecendo uma conexão entre o que se aprende na escola, a vivência e as observações do mundo ao seu redor (BRASIL, 2000).

Dentre a infinidade de conceitos químicos apresentados nos currículos e ementas escolares temos a noção de “solução<sup>1</sup>”, que, devido ao seu vasto rol de aplicações, pode ser abordado das mais diversas formas em sala de aula, já que, seu conceito está diretamente relacionado ao dia a dia, em diversas situações como, preparação de bebidas, transporte de nutrientes dissolvidos no sangue para as células do corpo, o próprio ar que respiramos, etc. À vista disso, é importante que os alunos consigam associar seus estudos a essas situações estendendo esse conhecimento a compreensão de outros:

Entender as soluções sob o ponto de vista qualitativo poderia levá-los a compreender melhor alguns aspectos do seu cotidiano, além de proporcionar uma melhor compreensão de outras ideias em química, tais como: transformações químicas, eletroquímica, equilíbrio químico (CARMO, MARCONDES e MARTORANO, 2010, p. 37).

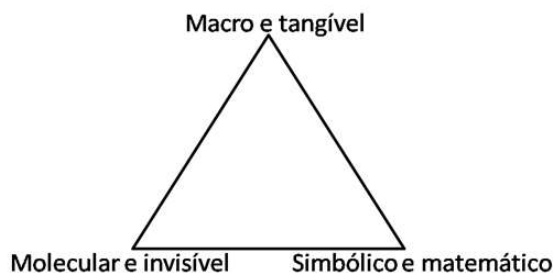
Por tais razões, tem sido um desafio para professores de química proporcionar aos alunos o ensino com temas relevantes para apropriação de conceitos mais complexos, interpretados por meio de concepções mais próximas ao conhecimento científico e com explicações mais elaboradas. Isso se deve ao fato de que, entre outros aspectos, a química, enquanto ciência envolve uma série de conceitos abstratos, que, por consequência, implicam em dificuldades aos alunos (DA SILVA, et al., 2003). À vista disso, Johnstone (1982, 2010) sugere a existência de três componentes essenciais para a compreensão desta ciência: o componente macroscópico e tangível, o molecular e invisível e o simbólico e matemático. Estes componentes estão ligados e se inter-relacionam, como mostra a Figura 1.

---

<sup>1</sup>Para Brown e colaboradores, solução é a mistura homogênea de uma ou mais substâncias, a substância presente em maior quantidade é normalmente denominada solvente e as outras substâncias, em menor quantidade na solução, são conhecidas como soluto, na qual dizemos estar dissolvida no solvente (BROWN; LEMAY; BURSTEN, 2005).



**Figura 1:** Aspectos do conhecimento químico



Fonte: Adaptado pelos autores (JOHNSTONE, 2010, p. 24).

Segundo Johnstone (1982; 1983; 2010), o componente macroscópico pode ser compreendido como os aspectos da ciência relativos aos fenômenos observáveis, como, as mudanças de coloração, de estado físico, as precipitações, entre outros. Com relação ao aspecto molecular e invisível, se concentram as explicações e as ocorrências da ordem de partículas, como por exemplo, na dissolução, o processo de formação de íons que não podem ser visualizados, mas que são interpretados por meio de teorias. Por fim, o aspecto simbólico ou matemático do triângulo abrange todas as representações e equações que podem ser utilizadas para explicar os fenômenos microscópicos e macroscópicos, como por exemplo, a representação dos cálculos de concentração em soluções aquosas ou, os símbolos químicos de íons ou moléculas de uma substância ou equação (WARTHA e REZENDE, 2011).

Nesse sentido, ao transpor essa interpretação para o contexto escolar, é necessário propor atividades que estejam diretamente ligadas ao nosso cotidiano, de forma que, os aspectos macroscópicos sejam contemplados e evidenciados. Dessa forma, é possível que os estudantes sejam capazes de elaborar hipóteses, contestar ou afirmar teorias, englobando assim, os aspectos moleculares e explicativos da química que podem ser mediados através de representações e símbolos.

Assim, para que o ensino e a aprendizagem sejam significativos, é importante a articulação entre estes aspectos, pois, dessa forma, a química pode ser ressignificada em seus contextos escolares, científicos e cotidianos. Desse modo, Johnstone (2000) afirma que, a integração entre os três aspectos

é fundamental para a compreensão dos conceitos químicos, no entanto, uma das maiores dificuldades, reside no fato de que os alunos tendem a explicar os fenômenos químicos perceptíveis somente considerando os aspectos macroscópicos, partindo daquilo que conseguem observar (WARTHA e REZENDE, 2011).

Portanto, parte das dificuldades na aprendizagem dos conceitos químicos, se deve ao fato do ensino centrar-se, em geral, em apenas um dos aspectos, ou seja, sem o estabelecimento de relações entre eles, o que pode ser fundamental na formulação de modelos explicativos. Johnstone (2006) defende que, dificilmente os alunos compreenderiam, ao iniciar seus estudos em química, os três componentes de forma integrada, mas acredita que, aos poucos os aspectos representacionais e teóricos devam ser contemplados, para que enfim, se correlacionem.

Especificamente sobre o tema do presente trabalho, destaca-se a pesquisa de Ferreira (2015) que apresenta uma seleção de artigos publicados sobre os três aspectos do conhecimento químico e as dificuldades de aprendizagem relacionadas ao conceito de solução. Este estudo revela que, mesmo sendo fundamental ensinar os conceitos de soluções sob a perspectiva molecular no processo de dissolução, essa não tem se revelado uma prática pedagógica comum. O que se percebe é a valorização dos aspectos quantitativos em detrimento dos aspectos qualitativos. Assim, Echeverria (1996) apresenta algumas concepções dos estudantes sobre soluções, dentre elas, a existência de espaços vazios nas substâncias como justificativa da dissolução e da formação de uma mistura homogênea, o não reconhecimento da importância da água no processo de dissolução, atribuindo um papel secundário ao solvente e que a interação é possibilitada pelo tamanho das partículas que se encaixam.

Nos dizeres de Carmo e Marcondes (2008),

Compreender o conceito de dissolução em termos de interações entre as partículas de soluto/solvente exige que o aluno reorganize suas concepções de um nível de abstração menos complexo a níveis mais complexos de cognição (CARMO e MARCONDES, 2008, p. 2).



Em vista das considerações sobre a importância do conceito de solução, as dificuldades no entendimento desse conceito e a relevância da articulação entre os três aspectos do conhecimento químico, foi elaborada uma sequência didática para abordar o conteúdo de soluções, especificamente a solubilidade dos gases na água.

Dessa forma o objetivo deste estudo foi desenvolver uma situação problema na qual o conceito em questão fosse discutido e investigar se por meio da situação proposta, os estudantes seriam capazes de articular os três aspectos do conhecimento químico, vinculados ao conceito de solubilidade dos gases. A atividade foi proposta a partir da seguinte problemática: “Porque pela Legislação é considerado crime ambiental, lançar água aquecida em Rios, Lagos e Mares, mesmo quando se trata de água limpa?”

### **Contexto e metodologia da investigação**

A atividade foi desenvolvida em um colégio público de uma cidade do interior do estado do Paraná, com nove alunos de segundo ano do ensino médio. Sua aplicação se deu em períodos disponibilizados pelo professor responsável e os alunos que compareceram, vieram de forma espontânea. As atividades foram realizadas individualmente, com exceção do experimento, no qual os alunos formaram pequenos grupos.

O tema escolhido para se trabalhar foi “Solubilidade de Gases em Líquidos”, dessa forma, a atividade foi planejada para que pudesse abranger alguns conceitos sobre soluções, como por exemplo, a influência da temperatura na dissolução de gases, a agitação de misturas, a interferência na quantidade de soluto e o comportamento de certos gases em líquidos.

O problema abordado se fundamentou na Legislação Brasileira<sup>2</sup> (BRASIL, 2011), que proíbe o despejo de água, aquecida em rios, lagos e mares. Com isso, os alunos participaram de algumas atividades, que se

---

<sup>2</sup> De acordo com o Art. 16 da Resolução CONAMA nº 430 de 13 de maio de 2011, os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água desde que obedeçam as condições e padrões previstos neste artigo, resguardadas outras exigências cabíveis:

I - Condições de lançamento de efluentes: b) Temperatura: inferior a 40°C.



desenvolveram em torno da seguinte questão: “Porque pela Legislação é considerado crime ambiental, lançar água aquecida em Rios, Lagos e Mares, mesmo quando se trata de água limpa?”, que tinha como objetivo convidar os alunos a refletirem sobre situações que podem interferir no equilíbrio de um ecossistema, e para isso, foram contemplados os aspectos moleculares, macroscópico e simbólico para o desenvolvimento e compreensão da temática.

Desta forma, a proposta foi dividida em algumas atividades. Na primeira delas, para fomentar a discussão e estimular a participação dos alunos, foi entregue uma coletânea com diversas informações sobre a situação atual dos rios brasileiros, redigida com base em informações disponibilizadas por pesquisas feitas pela ONG SOS Mata Atlântica (TERA, 2014), no qual os alunos puderam ler um pouco a respeito da poluição das águas e como órgãos nacionais e internacionais estabelecem regras e normas, que devem ser seguidas, a fim de que águas naturais sejam consideradas limpas (BRASIL, 2008). O texto foi lido pelo professor juntamente com os alunos e ao final foi anexada a questão problema.

Após a leitura do texto e a discussão da questão problema, foi proposto um questionário (Quadro 1) cujo objetivo era levantar as ideias prévias dos alunos sobre o tema.

**Quadro 1:** Questão prévias sobre a dissolução de gases em líquidos

1. O que contém na água de um rio?
2. O que é preciso para considerar que a água esteja poluída? Justifique.
3. Como os peixes respiram? Represente este processo com desenhos.
4. As plantas terrestres realizam fotossíntese. A fotossíntese significa síntese pela luz, geralmente definida como o processo na qual a energia solar é capturada e convertida em energia química. O que ocorre é que na presença de luz e clorofila, o gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ) e a água ( $\text{H}_2\text{O}$ ) são capturados pela planta e são convertidos em glicose, havendo também a liberação de oxigênio ( $\text{O}_2$ ) no ar. Logo, a fotossíntese é considerada um recurso fundamental para a manutenção da vida no planeta. Vocês acham que as plantas aquáticas também realizam esse processo? Como? Represente este processo com desenhos.
5. A contaminação da água é bastante comum em locais onde o saneamento básico é inadequado. Ferver a água antes de beber é uma maneira eficiente de matar os





microrganismos transmissores de doenças. Nenhum organismo vivo resiste a uma temperatura tão elevada, pois todas as suas proteínas perdem suas funções nessas condições. Se fervermos a água e a resfriarmos rapidamente, poderemos perceber que ocorre mudança em seu sabor? Se sim, porque isso ocorre?

6. Existe diferença entre a água que bebemos da torneira e a água gaseificada? Justifique.

231

Fonte: Os autores.

Em seguida foram distribuídos os materiais para que os alunos pudessem realizar o experimento que constituiu a segunda atividade da sequência. Cada grupo tinha a disposição os seguintes materiais: tubos de ensaios; béqueres; água da torneira; água gaseificada; solução indicadora de azul de bromotimol; lamparina; fósforo; suporte para tubo de ensaio; prendedor de madeira e uma folha contendo o procedimento do experimento.

Inicialmente, os alunos prepararam tubos com soluções “padrão”, que serviriam para comparações com as demais soluções preparadas no decorrer do experimento. No primeiro tubo foram adicionados o indicador e a água de torneira, já no segundo, indicador e água gaseificada. Depois, deu-se continuidade, sendo possível investigar como a agitação e a temperatura influenciam na dissolução dos gases na água. Para isso, em tubos diferentes foram colocadas a mesma quantidade de água da torneira e água gaseificada, e acrescentadas três gotas do indicador azul de bromotimol nos dois recipientes. As duas amostras foram aquecidas igualmente. Na sequência foram preparadas outras duas amostras idênticas às anteriores, mas, ao invés de aquecê-las, elas foram submetidas à agitação.

Como isso, presumia-se que os alunos pudessem conjecturar sobre alguns aspectos do fenômeno da dissolução de gases em água, visando os três aspectos do conhecimento químico. Julgando que o experimento aplicado poderia levar os estudantes a notar diferenças macroscópicas entre o padrão e as amostras que foram submetidas aos procedimentos experimentais, esperava-se que entendessem, que, os gases, como o do refrigerante e da água gaseificada e o oxigênio do ar, podem estar presentes na água, mesmo que isso nem sempre seja observável.



Enquanto o experimento era realizado, os alunos eram questionados a respeito do que observavam em ambos os recipientes, sendo assim, estimulados a estabelecer comparações com os padrões feitos. No decorrer do processo, os alunos foram orientados a registrar suas observações.

Na terceira parte da atividade, logo após a realização dos experimentos, foi proposto outro questionário (Quadro 2), com a pretensão de que estabelecessem conexões entre o texto inicial e as perguntas do primeiro questionário aplicado e também compreender se os alunos foram capazes de relacionar os aspectos macroscópicos, moleculares e representacionais no conteúdo de solubilidade de gases.

**Quadro 2:** Questão pós experimento sobre a dissolução de gases em líquidos

1. Qual gás das bebidas gaseificadas?
2. Considerando o experimento como você explica as diferenças entre a água da torneira e a água gaseificada?
3. Como você explica a mudança na coloração observada no passo 1?
4. De acordo com suas observações o gás contido nas bebidas gaseificadas é bastante ou pouco solúvel em água. Explique.
5. Na amostra do tubo 2, contendo água da torneira, há evidências de gases presentes na mistura? Se sim qual o gás? Justifique.
6. No passo 2, também houve uma mudança na coloração, mesmo após agitação. Qual a explicação para esse caso?
7. O que você vê ao ferver a água?
8. No passo 3, após aquecimento da amostra, houve mudança na coloração? Explique suas observações.
9. Qual é mais saboroso um refrigerante quente, ou gelado? A temperatura interfere no sabor da bebida? Explique.
10. Após aquecer a amostra contida no tubo 4, houve mudança na coloração? Explique suas observações.
11. Como você acha que a temperatura pode interferir na solubilidade de gases em líquidos? Explique
12. Represente o recipiente, da água com gás, durante o seu aquecimento e ao final de seu aquecimento.

Fonte: Os autores.





Dentre as questões aplicadas na sequência das atividades, era proposto que os alunos representassem os fenômenos observados por meio de desenhos, palavras e linguagem química. De outro modo, esperava-se que os alunos percebessem, que, ao aquecer ou agitar a água, os gases presentes seriam liberados, o que pode ser evidenciado pelas bolhas de ar que eram liberadas no processo e pela mudança de coloração do indicador presente na água.

Por meio das evidências experimentais, representações e explicações requeridas se desejava que os alunos pudessem compreender alguns aspectos do fenômeno da dissolução de gases em água, pois, eram necessárias elaborações de hipóteses e argumentos que contemplassem o fenômeno nas questões propostas.

Por fim, foi retomada a problemática inicial, e, nesse momento, esperava-se que os alunos pudessem relacionar o despejo de efluentes tratados com temperaturas superiores a 40°C em rios, lagos e mares com a quantidade relativa de gases na água.

Desta forma, nas questões aplicadas aos alunos durante as atividades, buscaram-se apontamentos que pudessem ser associados aos três aspectos do conhecimento químico. Os fatores visuais e as modificações físicas citados foram, vinculados ao aspecto macroscópico. Com relação ao componente molecular se analisou os indicativos de elaboração de hipóteses ou outras explicações para os fenômenos observados experimentalmente. E, por fim, analisou-se a linguagem química que foi utilizada nas respostas, contemplando a dimensão simbólica.

Ao final da aplicação as respostas dos alunos foram analisadas com o objetivo de averiguar se houveram indícios de conexão entre os três aspectos do conhecimento químico e se os estudantes que participaram do processo puderam responder à problemática proposta, significando o conceito de dissolução de gases em água.



## Reflexões sobre os resultados da investigação

Ponderando que a proposta da sequência didática foi de explorar uma perspectiva diferenciada para que os alunos compreendessem a importância da solubilidade de gases na água, articulando esse conceito aos três aspectos do conhecimento químico: o simbólico, o macroscópico e o molecular, fez-se a análise dos resultados obtidos.

Os nove alunos que participaram dessa pesquisa foram identificados pela letra A seguida da numeração de 1 a 9, de forma que suas identidades fossem preservadas.

No primeiro questionário, composto por 6 questões abertas, esperava-se que os alunos apresentassem, suas concepções prévias sobre o assunto abordado, além de verificar se contemplariam articulações entre os três aspectos do conhecimento químico. Para este estudo, foram priorizadas, nas análises e discussões, as questões que melhor percorriam o objetivo do presente trabalho.

Desse modo, na primeira questão, os alunos deveriam escrever sobre os constituintes da água de um rio, assim seria possível compreender se os alunos relacionariam apenas aspectos macroscópicos, ou se ponderariam sobre outras particularidades. Neste contexto, os estudantes expressaram em suas repostas, tanto os componentes observáveis, como pedras, animais, algas, quanto entidades não observáveis como sais minerais, alguns metais e os elementos que compõem a água, como exemplificado nos excertos de A2 e A4:

A2: “Hidrogênio, oxigênio, minerais como sais, zinco, ferro etc.”

A4: “Animais, barro, algas, pedras, H<sub>2</sub>O, hidrogênio, sais minerais, óxidos.”

Com base nas repostas notou-se que os alunos apresentaram conhecimentos prévios relevantes para a compreensão da dissolução dos gases em líquidos, dentre eles destaca-se o fato de apontarem o hidrogênio e/ou o oxigênio, fazendo referência aos elementos que compõem a molécula de água, sendo que, a princípio, não há indicativos da percepção de que o oxigênio possa estar nela dissolvido. Ainda é possível perceber que, ao descreverem as fórmulas e seus elementos químicos como componentes, já



apresentavam algum conhecimento do aspecto molecular, pois parecem compreender que a água é composta de elementos químicos, inclusive apresentando sua fórmula (aspecto simbólico). Com isso conclui-se que os alunos recorreram a conhecimentos químicos obtidos em anos ou em momentos anteriores à aplicação desta atividade.

Ainda no questionário inicial, e com o objetivo de que demonstrassem os aspectos relacionados ao conhecimento químico sobre a dissolução de gases em líquidos, foi pedido aos alunos que explicassem e representassem, mediante desenhos, a respiração dos peixes (questão 3). A intenção era especular se os alunos faziam alguma correspondência ao oxigênio dissolvido na água, pois, segundo Carmo, Freitas e Quadro (2013), os estudantes tendem a relacionar a respiração dos peixes por meio da retirada do elemento oxigênio da molécula de água. Com relação aos desenhos, eles podem fornecer importantes indícios das concepções dos alunos, pois,

[...] o desenho desempenha um papel fundamental na construção da linguagem química, principalmente no aspecto da transposição de conceitos, que devem ser trazidos da microquímica (elementos pertencentes a um mundo submicroscópico, em um nível molecular, atômico ou cinético) para a macroquímica (nível do tangível ou do mensurável), através de uma representação daquela realidade submicroscópica, como a representação da ocorrência de um fenômeno, por exemplo (SANTOS e PAIXÃO, 2015, p. 317).

Sobre estas vertentes foram analisadas as respostas dos alunos em relação ao seu entendimento sobre a respiração dos peixes, como exemplificado nas respostas de A1, A4 e A6.

A1: “Com o oxigênio ( $O_2$ ) diluído na água”

A4: “Respiração branquial.  $H_2O$  e ar e libera  $CO_2$ ”

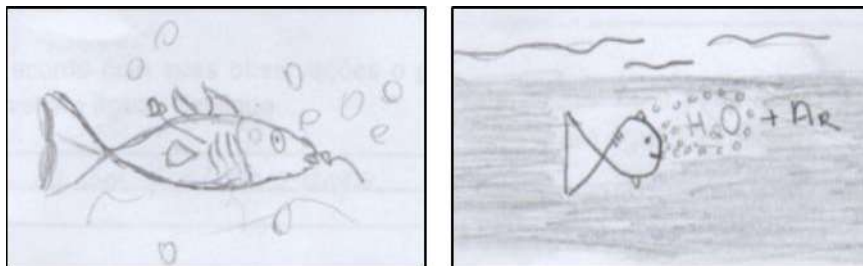
A6: “Eles filtram a água e retiram o oxigênio da água por meio das brânquias”

Associando as respostas desta questão a anterior, observou-se que os alunos interpretaram que, de alguma forma, dentro da água, existe “ar”, que em sua composição existe o oxigênio e é possivelmente por este meio que os peixes conseguem respirar. Esta compreensão se evidenciou na resposta de



A1, que demonstra claramente que na água existe oxigênio atmosférico diluído. Já os demais não deixaram distinta a proveniência do oxigênio. Para afirmar estas concepções, também foram analisadas as ilustrações dos estudantes, como indicado na figura 2.

**Figura 2:** Representações do processo de respiração de um peixe



Fonte: Elaborado pelos alunos A6 e A4, respectivamente.

No geral as representações dos alunos continham um peixe submerso e ao redor dele várias “bolinhas”, que provavelmente indicam a representação dos gases contidos na água. Essas ilustrações corroboram com a afirmação de que ao menos parte dos alunos compreende que existe “ar” em águas não gaseificadas.

De outro modo, para compreender se os alunos relacionavam a dissolução de gases na água, questionou-se sobre plantas aquáticas e seu processo de obtenção de energia. Neste sentido, os estudantes deveriam responder se as plantas aquáticas realizam o mesmo processo de fotossíntese que as plantas terrestres. Nas respostas, os alunos fizeram referência ao  $\text{CO}_2$  dissolvido em água, e, destacaram-se seguintes repostas:

A2: “Sim, pois na água existem as mesmas substâncias necessárias para a realização da fotossíntese: a luz, a água, clorofila e gás carbônico”

A3: “As plantas aquáticas também realizam esse processo, pois apresenta as mesmas propriedades para ser realizado a fotossíntese.”

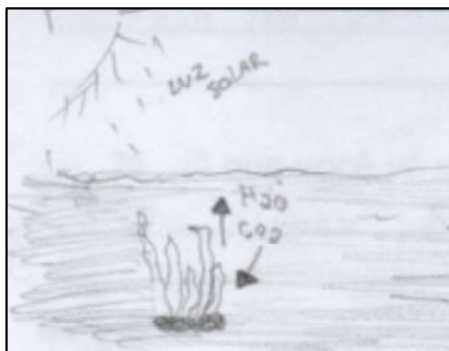
A4: “Processo igual, pois para produzir esse processo necessita de luz solar,  $\text{CO}_2$  para liberar  $\text{H}_2\text{O}$ . Na minha opinião é possível sim realizar fotossíntese na água a diferença é que não recebe tanta luz solar.”

Na questão seguinte também foi pedido que, além de explicarem como as plantas aquáticas obtêm energia, representassem este processo,



como pode ser visto na Figura 3. Assim, como na questão sobre a respiração dos peixes, observa-se uma articulação positiva entre os aspectos do conhecimento químico.

**Figura 3:** Representação do processo de fotossíntese de uma planta aquática



Fonte: Elaborado pelo aluno A4.

Das respostas dos alunos e das suas representações, entende-se que conseguiram explicar que na água existe o gás oxigênio dissolvido e por isso os peixes podem respirar e as plantas realizarem fotossíntese. É interessante notar que os alunos utilizam símbolos químicos, tanto nas questões teóricas, como nas representações. Nos exemplos citados aparecem especificamente as fórmulas do gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ), do gás oxigênio ( $\text{O}_2$ ) e da água ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Nesse sentido Gilbert e Cheng (2009) afirmam que os significados são atribuídos aos símbolos e também às representações se os estudantes forem capazes de integrar os conhecimentos simbólicos aos outros aspectos do conhecimento químico (macro e molecular), que também são representados pela simbologia.

No caso apresentado, aparentemente os estudantes foram capazes de associar a substância, à sua fórmula e também à sua função no processo de respiração dos peixes e da fotossíntese. Um caso a ser destacado se remete ao aluno A4, que justificou e representou o processo de fotossíntese com absorção de gás carbônico e liberação de água e, associado a isto, descreveu a respiração dos peixes como sendo “[...]  $\text{H}_2\text{O}$  e ar e libera  $\text{CO}_2$ ”, o que pode indicar a não diferenciação do ar atmosférico ao oxigênio.

Em outro questionamento, no contexto apresentado, foi perguntado se existia diferença no sabor, entre água fervida e água “da torneira” (questão 5). Nessa questão, esperava-se entender se os alunos possuíam alguma noção de que os gases presentes nos líquidos podem influenciar de alguma forma o

sabor da água. E na sequência, os alunos foram questionados sobre a diferença no sabor entre a água com gás (vendida nos mercados, por exemplo) e a água da “torneira” (questão 6). Nesta última a presença de gás na água fica explícita para os alunos, fato que não é tão óbvio na questão 5.

A9: “Nunca bebi [água fervida], mas acho que seria o mesmo sabor.”

A7: “Nunca tomei água fervida, mas acho que não muda o sabor.”

Nas respostas, percebeu-se que os alunos não faziam inferências sobre a presença dos gases como responsável pelo sabor da água. Como a pergunta anterior estava ligada a ausência de gases na água, também foi feito o questionamento sobre o excesso de gases dissolvidos no líquido. Esperava-se que os alunos apontassem o excesso de gases como responsável pelo sabor ou outro aspecto. Nesse sentido, destacam-se respostas como a de A2, A3 e A5:

A2: “*Sim [existem diferenças entre a água com gás e a água de torneira], os sabores são diferentes e os gases também.*”

A3: “*O gosto, por causa do gás.*”

A5: “*Sim [existem diferenças entre a água com gás e a água de torneira], pois a água gaseificada possui gás.*”

Comparando ambas as questões acima, inferiu-se que os alunos não perceberam que na água de torneira existam gases dissolvidos, justamente por acreditar que o sabor, da água fervida e da torneira, seria igual, mas quando relataram sobre a diferença no sabor da água gaseificada em relação à água da torneira, sugeriram a ocorrência pela presença dos gases.

No questionário inicial se evidenciou que os alunos apresentaram algumas noções sobre os aspectos microscópicos referentes à presença de gases em águas naturais. Isso fica claro nas respostas sobre a respiração dos peixes e a fotossíntese. Essas questões foram elaboradas justamente para que os educandos refletissem sobre a presença dos gases em águas naturais, como por exemplo, de um rio. Por outro lado, nas questões sobre a diferença do sabor da água “de torneira”, água fervida e água com gás, as respostas se





remeteram às percepções, enfatizando os aspectos macroscópicos, de que, a água com gás teria um sabor diferenciado por conta das “bolinhas” que podem ser observadas.

Mesmo por meio de questionamentos prévios buscou-se propiciar reflexões sobre os constituintes da água que consumimos (em especial os gasosos) e que fossem levantadas hipóteses, que poderiam ser refutadas ou não, na atividade experimental a ser realizada na sequência. Neste contexto, Wartha, Guzzi Filho e Jesus (2012), salientam a necessidade em promover atividades as quais os alunos tenham contato com vários tipos de conhecimentos, conceitos e aspectos químicos, como a representação, teorias, modelos, entre outros. Desse modo,

Os estudantes têm a oportunidade de utilizar, comparar e diferenciar entre os modelos macroscópicos, sub-microscópicos e simbólicos, estabelecendo as diferenças do que cada nível é capaz de explicar. Também, têm a oportunidade de trabalhar e manipular modelos confrontando com as evidências experimentais, colocando em prova seus próprios modelos explicativos e teorias (WARTHA, GUZZI FILHO e JESUS, 2012, p. 61).

Nesse sentido, após o questionário inicial foram realizados os experimentos descritos na metodologia desta investigação, e, em seguida, foi aplicado o segundo questionário, desta vez com 12 questões abertas. O experimento, bem como, as questões foram elaboradas de forma que pudessem propiciar a reflexão sobre os três aspectos do conhecimento químico.

Assim, iniciamos a segunda etapa questionando, novamente, sobre as diferenças entre a água da torneira e a água gaseificada, e na sequência, com a adição do indicador, quais eram as alterações observadas em relação aos padrões (questões 1, 2 e 3). Sobre estas mudanças, a maior parte dos estudantes mencionou os aspectos relacionados às questões visuais, como discutido por A5, no entanto, o estudante A6 também ponderou sobre outras características, como o potencial hidrogeniônico (pH):

A5: “A água com gás dá para ver as bolinhas.”



A6: “A água gaseificada tem bolhas, um gosto estranho e diferença de pH.”

Mediante as respostas, os alunos apontaram como principal diferença a presença do gás, evidenciando o aspecto macroscópico, com exceção do estudante A6 quando faz referência ao pH. Nesse sentido, Johnstone (2010) afirma que, dificilmente os estudantes têm facilidade em transitar pelos três aspectos do conhecimento químico com tanta facilidade quanto o professor, desse modo, faz-se valer o primeiro contato com as informações perceptíveis, pois, é por meio delas que os questionamentos quanto à química podem ser iniciados. Para Johnstone (2010, p. 25, tradução nossa),

240

O triângulo de representação pode ser usado ao longo de seus lados para construir idéias da relação entre o macro e o familiar, com o molecular. O uso do representacional é reduzido e nenhum cálculo é necessário. Tudo isso fornece uma base lógica para uma abordagem baseada em aplicações, em vez de uma abordagem conceitual seguida por uma menção de usos e aplicações.

Ponderando sobre esta relação, entre o familiar e a construção de hipóteses sobre a dissolução dos gases em líquidos, em questionamentos posteriores (questões 5, 6,7 e 8), enfatizamos as mudanças nas amostras após os procedimentos de agitação e aquecimento. Dentre as respostas destacam-se os seguintes excertos:

A1: “A gente colocou água, o indicador e agitou, e o indicador misturou com a água, e no processo de agitação ele perdeu o carbono.”

A3: “Sim [após o aquecimento houve mudanças], ele estava verde e ficou azul.”

A4: “Não havia gás suficiente e é necessária de muita agitação para mudar a coloração.”

A5: “Nós agitamos e com o processo de agitação ele perdeu CO<sub>2</sub>, o que fez mudar de cor.”

A8: “Sim [após o aquecimento houve mudanças], ela ficou azul mostrando que o gás saiu.”

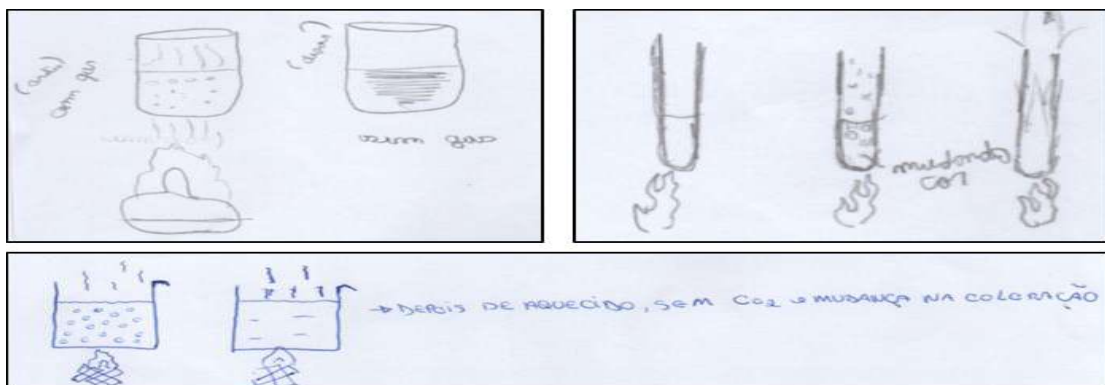
A9: “[Após agitação] ela ficou mais clara, mostrando que saiu um pouco de gás.”



Com base nas respostas apresentadas é possível inferir que os alunos atribuem alguns sentidos as mudanças de coloração do indicador em comparação aos padrões, devido à saída dos gases após a agitação ou devido ao aquecimento das amostras. Em alguns casos, como na resposta de A3, foram enfatizados os aspectos visuais, como a mudança da coloração. Nas outras assertivas, como exemplificado em A4, A5, A8 e A9, a associação é feita entre a saída de gases com relação a mudança da coloração. Também, como evidenciado por A5, em alguns momentos, os aspectos simbólicos foram utilizados para complementar a justificativa, com a saída, por exemplo, do gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ).

Para que pudéssemos compreender se os estudantes haviam associado às questões experimentais, ou seja, a agitação e a temperatura a dissolução de gases em líquidos, foi solicitado que representassem por meio de desenhos a situação inicial e final da amostra, quando aquecida. Com isso, demonstraram que a mudança da coloração é dada pela saída dos gases, como exemplificado na Figura 4. Nesta figura, percebe-se que os alunos demonstraram o processo de aquecimento e que este era o responsável pela liberação do gás. Ao final, também apontam, uma mudança na coloração da solução.

**Figura 4:** Representação do processo de aquecimento de uma amostra de água contendo indicador azul de bromotimol, pelos alunos



Fonte: Elaborado pelos alunos A8, A6 e A4, respectivamente.

Com a aplicação das questões prévias, frente a atividade experimental e as indagações após o experimento, pode-se perceber que os estudantes conseguiram formular ou acrescentar conhecimentos sobre a solubilidade de gases em líquidos ao descrevê-lo por meio de desenhos ou justificativas, de

forma a buscar a intercomunicação entre os três aspectos do conhecimento químico. Esta relação tornou-se mais evidente quando foi aplicado novamente a problemática do início da sequência: “Porque pela Legislação é considerado crime ambiental, lançar água aquecida em Rios, Lagos e Mares, mesmo quando se trata de água limpa?” Algumas respostas à problemática são destacadas a seguir:

A1: “A água quente faz com que o ar se misture com a água em menor quantidade.”

A3: “No mar há vidas, como as plantas marinhas que precisam de  $\text{CO}_2$  e os peixes de  $\text{O}_2$ , quando a água é aquecida essas substâncias vão sumindo o que pode acabar com a vida no mar.”

A4: “Pela troca de gases ou eliminação de certos gases presentes no rio que não estão presentes na água aquecida pode haver uma ‘prejudicação’ com as plantas e animais que dependem desses gases presentes na água.”

A5: “Porque interfere nas vidas aquáticas. Não é possível fazer fotossíntese sem o  $\text{CO}_2$  e a água quente faz com que o  $\text{CO}_2$  seja liberado.”

A6: “A água possui gases nela, quando ela é aquecida o gás tende a se soltar, além disso aumentar a temperatura do ecossistema pode matar os peixes e demais seres aquáticos.”

A9: “Porque a temperatura interfere na vida aquática, já que ela retira os gases e, conseqüentemente, ar das águas.”

De forma geral, ao associar as respostas dos questionários as da problematização, notou-se que os alunos puderam articular de forma coerente os aspectos do conhecimento químico ao conteúdo de solubilidade de gases em líquidos, pois, observaram a emissão das “bolinhas” e também a alteração na coloração do indicador, o que se refere aos aspectos macroscópicos da atividade experimental. Em meio às percepções, incorporaram informações de seu cotidiano, como a presença da vida aquática, o que de certa forma, implicou na significação do experimento em meio a outros contextos que também se remetem aos aspectos macro. Neste sentido, Wartha, Guzzi Filho e Jesus (2012, p. 55) afirmam que,

Mesmo partindo do estudo de fenômenos reais, de aspectos macroscópicos no processo de ensino e aprendizagem, os



aspectos microscópicos e representacionais são caracterizados como os mais elaborados níveis do conhecimento químico, pois exigem “manipulação mental”, ou seja, alta capacidade de realizar abstrações (nível operacional formal).

Para que outros aspectos também fossem preconizados, buscou-se realizar questionamentos que favorecessem as perspectivas explicativas, representacionais e simbólicas. Dessa forma, era esperado que os estudantes criassem hipóteses sobre a existência de gases presentes no sistema, o que provocaria a alteração da cor da solução.

Assim, alguns indicativos dos outros aspectos também foram registrados nas justificativas dos estudantes. A perspectiva molecular ficou evidente nas explicações sobre as possíveis trocas gasosas e eliminação de gases da água, como nas respostas à problemática de A4 e A5. Neste caso, foram capazes de elaborar hipóteses, ou seja, modelos explicativos, para o fenômeno observado. Além disso, relacionaram, coerentemente, como estes gases podem interferir na vida aquática, citando a respiração dos peixes e o processo de obtenção de energia das plantas. Esses dois últimos processos estão diretamente ligados as questões do primeiro questionário. Desta forma, é seguro dizer que, mesmo alguns alunos não respondendo e relacionado corretamente algumas respostas do segundo questionário com o experimento e o primeiro questionário, ainda assim puderam concluir corretamente como a liberação de água quente, em ambientes aquáticos pode interferir no meio.

Por fim, quando os alunos representaram, por intermédio dos desenhos, ou quando se utilizaram dos símbolos, para explicar os processos de aquecimento das amostras no experimento e suas ocorrências (Figura 4), verificou-se a utilização dos aspectos simbólicos.

Apesar da articulação dos três aspectos fazer-se presente em quase todas as respostas, seja utilizando uma das perspectivas, ou todas, alguns estudantes tiveram mais facilidade em transitar de um aspecto a outro em suas justificativas. Neste contexto, os estudantes pouco mencionaram os aspectos simbólicos, sem que estivessem inseridos diretamente nos questionamentos. Mitchell e Gunstone (1984) discutem que, normalmente os indivíduos não veem necessidade em utilizar os aspectos simbólicos na explicação dos fenômenos



químicos, pois, a partir das observações é possível a elaboração de hipóteses sem que seja necessário o seu uso.

### **Considerações Finais**

Com base nas proposições de Johnstone (1982; 2000; 2010) em que, o conhecimento químico deve articular algumas vertentes, dentre elas os aspectos visuais e contextuais, os aspectos explicativos e os aspectos representacionais e simbólicos, essa atividade foi elaborada e realizada com o objetivo de promover reflexões sobre a integração destas vertentes.

Dessa forma, a atividade elaborada que aborda o conceito de solubilidade dos gases por meio da problemática “Porque pela Legislação é considerado crime ambiental, lançar água aquecida em Rios, Lagos e Mares, mesmo quando se trata de água limpa?” foi desenvolvida com sucesso e foi capaz de promover, ao menos, alguma reflexão dos educandos a respeito do conceito científico abordado.

Além disso, ao analisar as respostas dos questionários aplicados durante as atividades propostas, verificou-se que a maior parte dos alunos participantes foi capaz de articular alguns dos aspectos do conhecimento em relação ao conceito discutido, passando a formular e discutir hipóteses para explicar a situação problema proposta.

Sendo assim, a presente proposta se mostrou como uma possibilidade de articulação entre a problemática levantada, o conceito científico discutido e a preocupação com a abordagem dos três aspectos do conhecimento químico.

Em conclusão ao trabalho, entende-se que a atividade desenvolvida apresentou potencial para ser aplicada em diferentes contextos nas aulas de química, pois, outros conceitos podem ser explorados além da solubilidade dos gases como, por exemplo, os conceitos de ácidos e bases, o pH, interações químicas, entre outros. Nesse sentido, seria adequado que essa atividade fosse mais explorada em termos de tempo e conceitos.

Conforme as ideias de Johnstone (2000, 2010), abordagens que levem em conta os três aspectos citados auxiliam na compreensão da química como ciência complexa e presente no cotidiano. Assim, a discussão de conceitos



químicos em sala de aula tende a se tornar mais relevante e fazer mais sentido para os educandos, que habitualmente tendem a sentir dificuldades na compreensão dos conceitos, por se basear, de maneira geral em conceitos e cálculos, muitas vezes, abstratos. Dessa forma, pode-se compreender a química, tanto nos seus aspectos conceituais que envolvem teorias, modelos e sua linguagem específica, quanto em seus aspectos contextuais, que estão ligados não somente às situações cotidianas, mas também na forma como se observa, compreende e aplica na ciência e fora dela. Isso será possível se os aspectos do conhecimento químico forem trabalhados de forma indissociada.

## Referências

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente, CONAMA. **Resolução CONAMA nº 430** de 13 de maio de 2011. In: Resoluções, 2011. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646> Acesso em 23-04-2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Consultoria Jurídica. **Legislação Ambiental Básica** / Ministério do Meio Ambiente. Consultoria Jurídica. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, UNESCO, 2008. Disponível em [http://www.mma.gov.br/estruturas/secex\\_conjur/arquivos/108\\_120820080844\\_25.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/secex_conjur/arquivos/108_120820080844_25.pdf). Acesso em 23-04-2018.

BRASIL, Ministério da Educação. Secretaria de Educação média e Tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais para o ensino médio: Bases Legais.** 2000. Disponível em <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf>. Acesso em 07-09-2016.

BROWN, T. L.; LEMAY, H. E.; BURSTEN, B. E. **Química: a ciência central.** Editora Pearson Education. 9ª edição. 2005.

CARMO, M. P.; MARCONDES M. E. R. Abordando soluções em sala de aula— uma experiência de ensino a partir das ideias dos alunos. **Química Nova na Escola**, n.28, p. 37-41, 2008.

CARMO, M. P.; MARCONDES M. E. R.; MARTORANO, S. A. A. Uma interpretação da evolução conceitual dos estudantes sobre o conceito de solução e processo de dissolução. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. v.9.n.1. p. 35 – 52, 2010.

DA SILVA, L. C; OLIVEIRA, C. F. G. C.; BARBOSA, P. M. V.; SILVA FILHO, P. B; RIBEIRO, R. C. S.; ARRUDA, R. R.; ARAÚJO, W. W. P.; DINIZ, F. B.



**Química no Ensino Fundamental: Explorando Conceitos Através de Aulas Temáticas**In: Anais do IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Bauru, 25 a 29 de nov. 2003.

ECHEVERRÍA, A. R. Como os estudantes concebem a formação de soluções. **Química Nova na Escola**, v. 3, p. 15 – 18, 1996.

FERREIRA, J. A. de M. G. **Dificuldades de aprendizagem do conteúdo de soluções: proposta de ensino contextualizada**. 2015. 121f. Tese (Doutorado em Química) - Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.

GILBERT J.K; CHENG, M. **Towards a better utilization of diagrams in research into the use of representative levels in chemical education**. In: Gilbert, J.K. e Treagust, D.F. Multiple representations in Chemical Education, P. 55-73, 2009.

JOHNSTONE, A. H. Macro and micro-chemistry. **The School Science Review**, 1982.

JOHNSTONE, A. H. The Development of chemistry teaching: A changing response to changing demand. **Journal of Chemical Education** n. 70, p. 701 – 705, 1983.

JOHNSTONE, A. H. Theaching of Chemistry - Logical or Psychological? **Chemistry Education: Research and Practice in Europe**, v. 1, n 1, p. 9-15, 2000.

JOHNSTONE, A. H. Chemical education research in Glasgow in perspective. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 7, n. 2, p. 49-63, 2006.

JOHNSTONE, A. H. You can't get there from here. **Journal of Chemical Education**, v. 87 n. 1, p. 22-29, 2010.

MITCHELL, I.; GUNSTONE, R. Some student conceptions brought to the study of stoichiometry. **Research in Science Education**, v. 14, p. 78-88, 1984.

SANTOS, J. P. M; PAIXÃO, M. F. M. **O Desenho no Ensino de Química: Uma Análise através das Concepções e perspectivas dos estudantes do Ensino Médio** In: Anais do XI Seminário do Programa de Pós-Graduação em Desenho, Cultura e Interatividade, Feira de Santana, 26 a 27 de nov. 2015.

TERA. **Poluição: lixo, esgoto e metais pesados ameaçam os rios do Brasil**. Disponível em: <<http://www.teraambiental.com.br/blog-da-tera-ambiental/poluicao-lixo-esgoto-e-metais-pesados-amecam-os-rios-do-brasil>>. Acesso em: 07 set. 2016

WARTHA, E. J; REZENDE, D. B. Os Níveis de Representação no Ensino de



Química e as Categorias da Semiótica de Peirce. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.16, n. 2, p. 275 – 290, 2011.

WARTHA, E. J.; GUZZI FILHO, N. J.; JESUS, R. M.O experimento da gota salina e os níveis de representação em química. **Educación Química**, v.23, n. 1, p. 55-61, 2012.

**Débora Piai Cedran**

depiiai@yahoo.com.br

Graduação em Licenciatura em Química pela Universidade Estadual de Maringá (2004), doutorado no Programa de Pós-graduação em Educação para a Ciência e a Matemática pela Universidade Estadual de Maringá (2018). Professora na Universidade Estadual de Maringá - Departamento de Química.

**Jaime da Costa Cedran**

jaimecedran@utfpr.edu.br

Graduação em Química pela Universidade Estadual de Maringá (2003). doutorado no Programa de Pós-graduação em Educação para a Ciência e a Matemática pela Universidade Estadual de Maringá (2015). Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Medianeira.

**Mariana Cavichioli Alves**

cavichioli.mari@gmail.com

Graduação em Licenciatura em Química pela Universidade Estadual de Maringá (2018). Bolsista do projeto PIBID (2014-2017).

**Matheus Devanir Custódio**

matheusd.custodio@gmail.com

Graduação em Licenciatura em Química pela Universidade Estadual de Maringá (2017). Mestrado em andamento pela Universidade Estadual de Maringá.

Recebido em: 23/04/2018

Aprovado em: 15/06/2018

