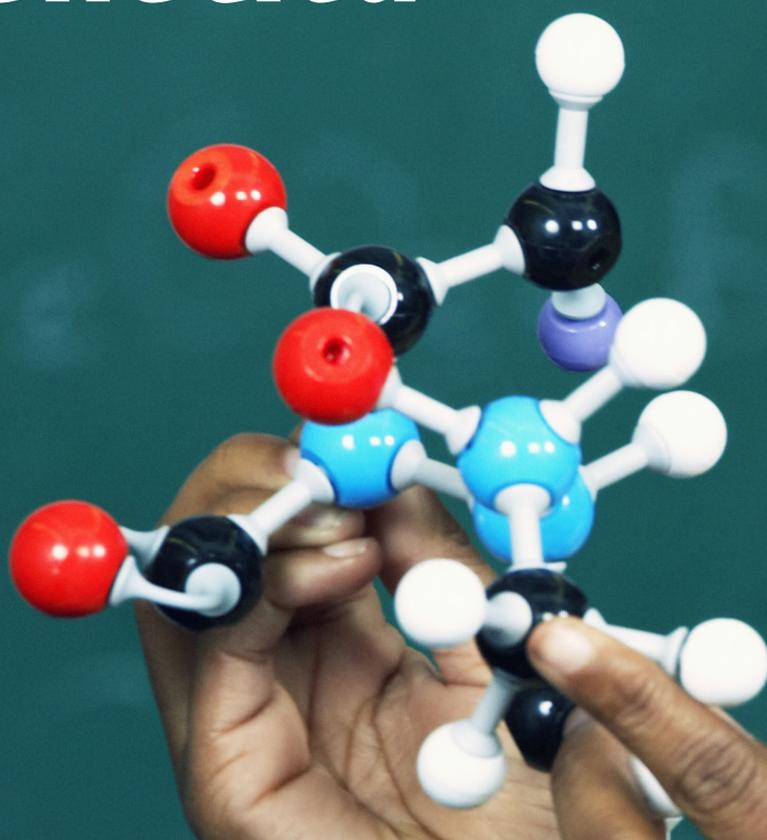


Argumentação em aulas de Genética



Renata de Paula Orofino¹, Silvia Luzia Frateschi Trivelato²

¹ Departamento de Ecologia, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo

² Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo

Autor para correspondência: renata.orofino@gmail.com

Palavras-chave: ação docente, hereditariedade, ensino de ciências, alfabetização científica, raciocínio crítico, ensino médio

A close-up portrait of a Black woman with voluminous, curly dark hair. She is smiling warmly, showing her teeth. She is wearing a light-colored, textured top. The background is a solid teal color.

Tendo em vista a importância da argumentação no ensino de ciências, analisamos uma sequência de aulas de Genética que envolveu a leitura de texto sobre a estrutura e a importância do DNA para identificar se a professora realiza ações que estimulam os alunos a argumentar e, também, se a fala da professora e o texto usado em aula apresentam argumentos. O modelo de análise foi o Padrão Argumentativo de Toulmin (TAP). Verificou-se que a professora realiza ações que estimulam os alunos a argumentarem de forma coerente com o objetivo da aula, porém, utiliza poucos argumentos, tanto em sua fala, quanto no texto utilizado. Os dados aqui apresentados permitem afirmar que é possível estimular os alunos a argumentar utilizando uma estratégia didática tradicional, desde que este seja um objetivo claro do planejamento didático.

INTRODUÇÃO

Há algumas décadas a argumentação é apontada como elemento crucial da ciência. A valorização dessa linguagem pode ser justificada pelas ideias da alfabetização científica, segundo as quais o ensino de ciências deveria abordar todos os elementos relacionados à ciência (HURD, 1998; OCDE, 2007; SASSERON, CARVALHO, 2008; BYBEE *et al.*, 2009). Outras duas linhas de raciocínio também defendem essa abordagem, apontando que a argumentação é parte do conteúdo a ser ensinado e que a argumentação ajuda o aluno a aprender os conceitos científicos (TIBERGHIEIN, 2008).

O cientista argumenta quando explica um fenômeno de acordo com determinadas teorias, apresentando evidências que apoiam seu ponto de vista. Isso ocorre em diferentes esferas, desde em reuniões cotidianas de laboratório, encontros científicos (simpósios, congressos) e em artigos publicados (OSBORNE *et al.*, 2004; SAMPSON, CLARK, 2008; McNEILL, 2009). Da perspectiva do professor, a prática argumentativa permite apresentar como os conhecimentos são construídos e estabelecidos pela comunidade científica, pode ajudar o aluno a pensar cientificamente e facilitar o aprendizado dos conteúdos conceituais escolarizados a partir do conhecimento científico (OSBORNE *et al.*, 2004; VONAUFSCHNAITER *et al.*, 2008; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, ERDURAN, 2008).

Apesar de vários trabalhos indicarem situações em que os alunos constroem argumentos, o mecanismo pelo qual os alunos se tornam fluentes nessa linguagem ainda não são claros (CHANG, CHIU, 2008) e sabe-se que o desenvolvimento da argumentação é gradual e multifacetado (KUHN *et al.*, 2013). Assim, é importante que os professores construam estratégias de ensino que tenham como objetivo a argumentação (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, ERDURAN, 2008; WALKER, SAMPSON, 2013).

Trabalhos sobre a argumentação de alunos são comuns em contextos de experimentação, aulas práticas e de discussões sócio-científicas (e.g. KELLY *et al.*, 1998; ERDURAN *et al.*, 2004; SANDOVAL, MILLWOOD, 2005; KUALATUNG *et al.*, 2013; WALKER, SAMPSON, 2013). Berland e Lee (2012), por exemplo, analisaram alunos discutindo sobre dados de interação entre espécies e o conceito de predação. Com exceção de um grupo, os alunos chegaram a um consenso a partir dos dados observados e, mesmo cometendo erros conceituais, passam a entender o papel do uso de argumentos nas discussões com colegas para construir significados, até chegar a um consenso. Portanto, o emprego de argumentos na escola e a reflexão sobre esse uso possibilita a construção social do conhecimento.

Ozdem *et al.* (2013) indicam que em situações de laboratório e de discussão, alunos de licenciatura utilizam argumentos de caráter científico. Com frequência, os alunos empregam, por exemplo, uma observação pontual como evidência ou descrevem relações causais positivas entre dois eventos. Estudos como esse mostram que atividades que envolvem argumentação são interessantes para evidenciar particularidades do discurso científico.

Na literatura há poucos trabalhos que indiquem se estratégias didáticas mais tradicionais também podem ser pensadas de forma a estimular os alunos a argumentarem em ciências. Da mesma forma, não há muitos estudos sobre a formação inicial ou continuada de professores no que diz respeito à argumentação (OZDEM *et al.*, 2013; BRAUND *et al.*, 2013). Com a intenção de contribuir para preencher essa lacuna, neste artigo discutimos se as ações de uma professora de ensino médio durante atividades de leitura e discussão de texto podem estimular os alunos a argumentar. Além disso, analisamos os argumentos fornecidos pela professora e pelo material didático nessas aulas de Genética, que abordaram a estrutura e função do DNA.

METODOLOGIA

Contexto analisado

Os dados foram coletados no primeiro semestre de 2008, em uma escola pública da Zona Oeste da cidade de São Paulo. A escola contava com duas turmas no 3º ano do Ensino Médio, totalizando 60 alunos, com perfil heterogêneo no que diz respeito ao nível socioeconômico. Entre os alunos analisados não havia defasagem idade/série expressiva, sendo que todos tinham entre 16 e 18 anos. A escola é aberta a projetos de investigação de diferentes temas, o que fez com que os alunos estivessem acostumados com a presença de outras pessoas, além dos professores, na sala de aula.

É possível afirmar que a professora de Biologia responsável pelas classes tinha uma formação superior à da média da rede pública, pois, na ocasião da coleta dos dados deste estudo, ela cursava o doutorado em Educação. Apesar da professora estar estudando, em nível de pós-graduação, sobre o uso da argumentação no ensino de ciências, seu contato com a argumentação como objetivo de aulas para o Ensino Médio era recente. Por isso, para fins deste estudo, ela foi considerada iniciante no que diz respeito ao conhecimento sobre argumentação.

A sequência didática analisada

Este trabalho teve como foco três aulas em que ocorreu a leitura dialogada de um texto intitulado “A estrutura do DNA”, que aborda a importância e a função do material genético nas células (Anexo 1). O texto foi produzido

pela professora com base no livro didático utilizado naquele ano e em uma apostila de um curso de graduação em Genética. O texto está estruturado em tópicos de frases curtas que fazem referências a alguns eventos da história da Genética acompanhados do ano em que ocorreram, formando uma linha do tempo, além de sintetizar resultados de experimentos.

A professora leu o texto para os alunos e retomou conceitos trabalhados nas aulas anteriores. Após a leitura do trecho inicial do texto, ela realizou uma encenação sobre a estrutura do DNA em conjunto com os alunos. Eles levantaram-se e deslocaram-se pela sala de aula, formando duas filas paralelas, simulando as ligações entre as bases nitrogenadas e entre os nucleotídeos de uma molécula de DNA.

Após a encenação, a professora terminou a leitura do texto e propôs uma questão para ser entregue na aula seguinte: “Por que as conclusões dos experimentos 1 e 2 (que o DNA é o princípio transformante e que o DNA do vírus penetra na bactéria) permitem afirmar que o DNA é o portador das informações hereditárias?”

Durante a discussão da atividade, alguns alunos leram suas respostas, a professora retomou alguns conceitos e deu tempo para que os alunos reformulassem suas respostas escritas. A professora recolheu os exercícios e passou a discutir outro tema.

Dados de interesse

As aulas da sequência didática foram registradas em áudio e vídeo e transcritas na íntegra (OROFINO, 2011). O foco das transcrições foi a fala da professora, esquetizada em turnos de fala a cada aula. Os dados analisados neste trabalho, portanto, totalizam seis aulas (duas turmas, três aulas em cada) de 50 minutos cada. A partir das transcrições, foram analisadas as ações pró-argumentação da professora e os argumentos construídos por ela durante as aulas. Além disso, foi analisado o texto original usado pela professora durante as aulas, procurando pela presença de argumentos.



ANÁLISE

a. Ações pró-argumentação

Ações pró-argumentação são falas da professora que tiveram o objetivo de estimular a argumentação dos alunos. Tais falas foram classificadas seguindo as categorias propostas

por Simon *et al.* (2006). Nessa classificação, as ações são hierarquizadas de acordo com as características do estímulo dado e da dificuldade de realização (Tabela 1). Cada fala da professora foi contabilizada como uma ocorrência de determinada ação, podendo haver mais de uma ocorrência ao longo de uma aula.

Ação identificada na fala do professor	Processos argumentativos refletidos na ação identificada
Encorajar a discussão Encorajar ouvir	Falar e escutar
Definir argumento Exemplificar argumento	Saber o que significa argumento
Encorajar a exposição de ideias Encorajar o posicionamento Valorizar posições diferentes	Posicionar-se
Conferir evidências Fornecer evidências Incitar o uso de justificativa Enfatizar a justificativa Encorajar melhores justificativas Fazer-se de “advogado do diabo”	Justificar com evidências
Usar ou preparar exemplos escritos Oferecer/dar papéis a serem seguidos	Construir argumento
Encorajar a avaliação Avaliar argumentos Processo - usar de evidências Conteúdo - natureza da evidência	Avaliar argumentos
Encorajar a antecipar contra-argumentos Encorajar o debate (através de papéis)	Contra argumentar/debater
Encorajar a reflexão Perguntar sobre mudanças de opinião	Refletir sobre o processo argumentativo

Tabela 1. Ações do professor que estimulam a argumentação dos alunos. Baseado em Simon *et al.* (2006).

b. Argumentação

Foram considerados argumentos todos os conjuntos de afirmação e justificativa. O modelo de análise utilizado foi baseado no Padrão Argumentativo de Toulmin (TAP),

amplamente utilizado na pesquisa em ensino de ciências (ERDURAN *et al.*, 2004; SANDOVAL, MILLWOOD, 2005; DE-ARELLANO, TOWNS, 2014). Segundo o TAP (Figura 1), um fato (Dado) sustenta uma afirmação (Conclusão). A Justificativa

garante que o fato escolhido possa ser usado para sustentar a afirmação, tornando o argumento forte ou fraco (Qualificador). Por fim, o argumento pode ser restringido pelas situações que o tornam falso (Refutação). De acordo com o exemplo:

A espécie de bactéria é um antibiótico natural, pois os compostos liberados por colônias dessa espécie foram eficientes contra patógenos que causam diarreia. No experimento, as bactérias foram induzidas a produzir os mesmos compostos que produzem em meio natural, nas situações de competição interespecífica. Ao colocar patógenos que causam diarreia em contato com os compostos produzidos pelas bactérias, os patógenos morrem. Caso as amostras con-

tivessem mais de uma espécie bacteriana, os resultados do experimento seriam descartados.

A informação empírica de que as bactérias foram eficientes contra patógenos é o Dado do argumento acima. Esse dado sustenta a afirmação de que essa espécie é um antibiótico natural. A justificativa utilizada é de que os patógenos testados morrem quando entram em contato com a toxina da bactéria. Essa justificativa contém um qualificador, indicando que é eficiente contra os patógenos testados, ou seja, não se pode generalizar a afirmação feita para além desse ponto. Caso as amostras não estivessem purificadas, o experimento e, conseqüentemente, a afirmação feita, deveriam ser refutados.

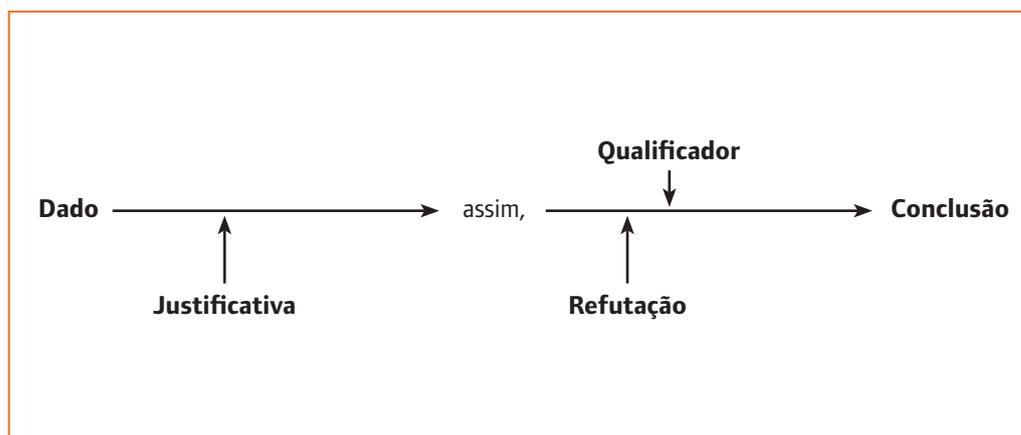


Figura 1. Esquema de argumento baseado no Padrão argumentativo de Toulmin (2006).

O TAP não é a única forma de se estruturar um argumento, mas possibilita a diferenciação entre evidências empíricas (Dado) e explicações teóricas (Justificativa), uma distinção relevante nas aulas de ciências (TOULMIN, 2006). O modelo usado neste trabalho (Figura 1) é uma simplificação do modelo original do TAP, mas suficiente para ressaltar tal diferenciação e para manter as categorias objetivas (cf. ERDURAN, 2008).

As falas da professora e o texto usado por ela foram reorganizados na forma de argumentos com os elementos do TAP. Construir argumentos também é uma ação classificada como pró-argumentação (Tabela 1), de maneira que podemos discutir se o discurso

utilizado pela professora favorece ou não a familiarização dos alunos com elementos da argumentação científica.

RESULTADOS

a. Ações pró-argumentação

Foram identificadas seis ações pró-argumentação nas falas da professora ao longo das aulas de ambas as turmas analisadas. As ações identificadas pertencem às categorias *Falar e escutar*, *Posicionamento* e *Justificar com evidências* (Tabela 2). No total das seis aulas a professora somou 78 ações pró-argumentação, sendo que a maior parte das ações se enquadra na categoria *Justificar com evidências*.

Ação identificada	Número de ocorrências	Fala da professora
Fornecer evidências	46	Aula 5I; linha 60: “A composição química e a resistência à pepsina.”
Conferir evidências	23	Aula 5I; linha 301: “Anos depois, em 1944, outro pesquisador, o Avery, verificou que essa transformação bacteriana também ocorria <i>in vitro</i> .”
Incitar o uso de justificativa	4	Aula 5II; linha 72: “O que é que está escrito lá na letra A que me permite afirmar que essas substâncias presentes no núcleo (...) não é uma proteína?”
Enfatizar a justificativa	2	Aula 7I; linha 114: “Existem aí milhares de proteínas, cada uma com uma função específica, mas imensa variabilidade de forma e função. Por que não seriam as proteínas que contêm o material hereditário, ou material genético?”
Valorizar posições diferentes	2	Aula 5I; linha 77: “Então isso é um ponto. Outro ponto que a Maria falou é a composição química. Composição química ácida, rica em fósforo.”
Encorajar a ouvir	2	Aula 8II; linha 16: “Bom pessoal, quero que cada grupo exponha rapidamente pra gente poder ter a discussão. O João começa.”

Tabela 2.

Exemplos da categorização da fala da professora em ações pró-argumentação e número de ocorrência de cada ação, segundo a classificação de Simon *et al.* (2006). As citações de número de aula e linha referem-se às transcrições das aulas, disponíveis em Orofino (2011).

ARGUMENTOS OBSERVADOS

a. Argumentos da professora

Ao longo das aulas, a professora construiu uma série de relações causais entre evidências e conclusões. Enumeramos um total de 73 argumentos nas seis aulas analisadas, dos quais 16 apresentaram Justificativa, segundo o TAP. A frequência e ocorrência de argu-

mentos não é igual nas duas turmas analisadas, sendo 29 na turma I, e 44 na turma II (Tabela 3).

b. Argumentos no texto utilizado em aula

Foram identificados sete argumentos no texto (Tabela 4), dentre os quais apenas um apresenta Justificativa e um apresenta Qualificador, segundo o TAP.

DISCUSSÃO

Ficou entendido que as ações pró-argumentação identificadas na fala da professora condizem com a estratégia didática adotada, que foi a de leitura dialogada. Ao analisarmos as ações pró-argumentação (Tabela 1), seria possível indicar que outras ações poderiam também aparecer na estratégia didática analisada, tais como: *definir e exemplificar argumento, usar modelos escritos de argumento, ou ainda encorajar a exposição de ideias* antes de indicar o que realmente foi feito pelos cientistas. Aulas com mais espaço para debate en-

volvendo os alunos poderiam permitir o uso de ainda mais ações pró-argumentação do professor, que podem ocorrer de forma sistemática, caso o professor planeje sua aula com o objetivo explícito de estimular os alunos a argumentar. Da mesma forma que indicado por Ozdem *et al.* (2013), este trabalho oferece uma ideia a respeito de elementos argumentativos presentes em aulas de biologia, o que serve como ponto de partida para a implementação de sequências que contenham mais elementos argumentativos, independentemente da estratégia didática utilizada.

Tabela 3.

Exemplos de argumentos identificados na fala da professora. As citações de número de aula e linha referem-se às transcrições das aulas, disponíveis em Orofino (2011).

Fala da professora	Argumento identificado
<p>Aula 5II; linha 62:</p> <p>“Então, em 1889, o pesquisador John Richards identificou em núcleos de glóbulos brancos um composto de natureza ácida, rico em fósforo e em nitrogênio, desprovido de enxofre e resistente à ação da pepsina, enzima que digere proteínas. E chamou esse composto de nucleína, porque ele estava presente no núcleo.”</p>	<p>Dado que o composto estava presente no núcleo, assim, o pesquisador o chamou de nucleína.</p>
<p>Aula 5II; linhas 92 a 94:</p> <p>“É (...) e rico em fósforo e nitrogênio, tá? As proteínas têm nitrogênio, mas não têm fósforo. E essa substância tem fósforo, tá? Além disso, é uma substância ácida. Então, com essa, com os experimentos bioquímicos, eles perceberam, ele começou a perceber o que tinha e o que não tinha nessa substância. Como não era uma proteína, ele deu um novo nome aí de nucleína, tá?”</p>	<p>Dado que não era proteína, já que a substância tem fósforo e é ácida, assim, o pesquisador deu o nome de nucleína.</p>

O fato de as duas turmas terem recebido argumentos em quantidades tão diferentes pode ter ocorrido porque a professora não preparou a sequência didática com o objetivo de estimular a argumentação dos alunos ou porque, mesmo tendo esse objetivo, não preparou a aula de forma sistemática nesse

sentido. Martin e Hand (2009) afirmam que é comum a falta de prática do professor em promover a argumentação em sala de aula. Sendo assim, para que isso ocorra, sugerem que docentes iniciantes nesse tipo de prática preparem argumentos previamente, para que consigam utilizá-los de maneira mais

Frase original do texto	Argumento identificado na frase original
<p>Nesta época, as proteínas eram as melhores candidatas para conterem as informações genéticas, por sua impressionante variabilidade de composição, estrutura e função.</p>	<p>Dado que tinham uma impressionante variabilidade de composição, estrutura e função, assim, as proteínas eram as melhores candidatas para conterem as informações genéticas.</p>
<p>S vivas – camundongo morre R vivas – camundongo sobrevive S mortas pelo calor – camundongo sobrevive S mortas pelo calor + R vivas – camundongo morre</p> <p><u>Conclusões:</u> bactérias R vivas haviam sido transformadas em S por algum tipo de substância (“princípio transformante”) liberada pelas bactérias S mortas.</p>	<p>Dado que S vivas – camundongo morre; R vivas – camundongo sobrevive; S mortas pelo calor – camundongo sobrevive; S mortas pelo calor + R vivas – camundongo morre, assim, bactérias R vivas haviam sido transformadas em S por algum tipo de substância (“princípio transformante”) liberada pelas bactérias S mortas.</p>
<p>1952 – Alfred Hershey e Martha Chase marcaram o DNA do vírus com fósforo radioativo e a proteínas de vírus com enxofre radioativo. Verificaram que apenas o DNA do vírus penetra na bactéria, produzindo em 30 minutos centenas de outros vírus completos.</p> <p><u>Conclusão:</u> A fonte de informações hereditárias é o DNA, pois a partir dele pode ser formado tanto DNA quanto proteínas virais.</p>	<p>Dado que a partir do DNA pode ser formado tanto DNA quanto proteínas virais, assim, a fonte de informações hereditárias é o DNA. Isso pode ser afirmado já que Alfred Hershey e Martha Chase marcaram o DNA de vírus com fósforo radioativo e, as proteínas do vírus, com enxofre radioativo. Verificaram que apenas o DNA do vírus penetra na bactéria, produzindo em 30 minutos centenas de outros vírus completos.</p>

Tabela 4.
 Exemplos de argumentos presentes no texto utilizado pela professora em suas aulas, reorganizados para evidenciar elementos do TAP. O texto completo está no Anexo 1.

sistemática em sala de aula. Além de construir e apresentar argumentos, seria positivo que o professor explicitasse que os está construindo, explicando o que isso significa e realizando assim ações pró-argumentação, no sentido apresentado por Simon *et al.* (2006). Kelly *et al.* (1998) indicam que os alunos tendem a explicitar a Justificativa em seus argumentos quando desafiados. *Fazer-se de “advogado do diabo”* ou *valorizar posições diferentes* são ações indicadas por Simon *et al.* (2006) que desafiam os alunos a melhorarem seus

argumentos, explicitando as justificativas. Além disso, argumentar está relacionado a aprender melhor os conceitos científicos (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, ERDURAN, 2008). Deixar de considerar a argumentação como um dos objetivos das aulas significa ensinar conteúdos conceituais sem justificar as evidências que os sustentam, o que pode levar a uma visão de natureza da ciência distorcida, como se a ciência fosse composta de verdades absolutas. Além disso, corre-se o risco de

ensinar de forma díspar as diferentes turmas, dando mais oportunidades ao raciocínio crítico para alguns alunos do que para outros. Os trabalhos com grupos comparativos de alunos são escassos e esbarram em questões éticas da pesquisa em Ensino de Ciências, mas os trabalhos já realizados indicam que promover a argumentação em aulas de ciências é benéfico para os alunos (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, ERDURAN, 2008).

Os argumentos identificados na fala da professora e no texto continham majoritariamente os elementos Dado e Conclusão do TAP. Pode-se inferir que os argumentos forneceram poucos conteúdos conceituais suportando as afirmações, uma vez que tal conteúdo estaria presente na Justificativa, mas os argumentos da professora que continham Justificativa somam apenas aproximadamen-

te 20% do total de argumentos formulados. Russel (1983) defendeu que o professor que falha em utilizar argumentos racionais em aula corre o risco de distorcer a imagem da autoridade na ciência. Esse autor entendeu que argumentos que contivessem todos os elementos do TAP propriamente relacionados, conseguiriam indicar a natureza racional do pensamento científico.

Entendemos que utilizar a linguagem científica é difícil e demanda prática, tanto para o aluno, quanto para o professor. Exemplificar argumentos, explicando o que são eles e qual sua função em uma discussão científica, podem ser interpretados como os primeiros passos para que os alunos consigam se apropriar gradativamente dessa linguagem. As demais ações pró-argumentação (Tabela 01), embora mais complexas, também podem ser



utilizadas. Em uma comparação entre argumentos produzidos por professores de ciências, cientistas e alunos do ensino médio, os argumentos de professores de ciência foram considerados os de maior qualidade (ABI-EL-MONA, ABD-EL KHALICK, 2011). Isso indica que os professores sabem argumentar bem, mas talvez não estejam planejando as aulas de ciências com esse objetivo.

Apesar de a sequência didática analisada não ser pautada estritamente na discussão, a professora se utiliza dela para ajudar os alunos a compreenderem as informações do texto e a interpretá-las. Muita expectativa tem sido colocada sobre as novas propostas didáticas das ciências com experimentação, investigação e uso de questões sócio-científicas, mas há concordância com a ideia de que não há uma metodologia canônica eficaz para todas as ciências e situações (MARTIN, HAND, 2009). Além disso, a discussão sobre o que se quer ensinar de e sobre ciências não indica uma única metodologia possível (CARVALHO, 2004).

A análise realizada indicou que, mesmo em estratégias didáticas mais tradicionais, como a leitura de textos, é possível estimular os alunos a argumentar, bem como fornecer exemplos de argumentos. Tais práticas podem ser interpretadas como uma tentativa de deixar claro o raciocínio científico durante as aulas, o que pode ajudar os alunos a entender a lógica da prática científica (McNEILL, 2009). Não é só a prática da ciência que faz alguém entender como ela funciona; a exemplificação de como ela foi construída ao longo do tempo e sua evolução enquanto prática social são elementos que podem ser adicionados à fala do professor e a exercícios teóricos implementados em sala de aula.

CONCLUSÕES

Os dados deste estudo mostram que é possível, para o professor, apresentar a linguagem argumentativa aos alunos e realizar ações pró-argumentação mesmo em estratégias didáticas mais tradicionais, como a leitura dialogada de textos. Contudo, a análise dos argumentos fornecidos pela professora e pelo texto que ela usou nos leva a entender que há pouca explicitação de argumentos, o que pode deixar o aluno sem modelos

de como argumentar. Ao mesmo tempo, este estudo sugere que as ações pró-argumentação, se pensadas de forma sistemática durante o planejamento da aula, podem ocorrer em maior número e de forma mais consistente, mesmo nas aulas que não envolvem discussões em grupo ou situações polêmicas. Trata-se, portanto, de abordar o ensino da argumentação como um objetivo mais explícito, de modo a tornar mais claras e efetivas algumas ações que muitos professores provavelmente já executam, ainda que de maneira intuitiva.

REFERÊNCIAS

- ABI-EL-MONA, I.; ABD-EL-KHALICK, F. Perceptions of the Nature and 'Goodness' of Argument among College Students, Science Teachers, and Scientists, *International Journal of Science Education* v. 33, p. 573-605, 2011.
- BERLAND, L. K.; LEE, V. R. In Pursuit of Consensus: Disagreement and legitimization during small-group argumentation, *International Journal of Science Education* v. 34, p. 1857-1882, 2012.
- BRAUND, M.; SCHOLTZ, Z.; SADECK, M.; KOOPMAN, R. First steps in teaching argumentation: A South African study. *International Journal of Educational Development* v. 33, p. 175-184, 2013.
- BYBEE, R.; McCRAE, B.; LAURIE, R. PISA 2006: An assessment of scientific literacy. *Journal of Research in Science Teaching* v. 46, p. 865-883, 2009.
- CARVALHO, A. M. P. Critérios estruturantes para o ensino de ciências. In: CARVALHO, A. M. P. (org). *Ensino de Ciências: Unindo a Pesquisa e a Prática*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.
- CHANG, S. N.; CHIU, M. H. Lakatos' Scientific Research Programmes as a Framework for Analyzing Informal Argumentation about Socio-scientific Issues. *International Journal of Science Education* v. 30, p. 1753-1773, 2008.
- DE ARELLANO, D. C. R.; TOWNS, M. H. Students' understanding of alkyl halide reactions in undergraduate organic chemistry. *Chemistry Education Research and Practice* v. 15, p. 501-515, 2014.
- ERDURAN, S; SIMON, S.; OSBORNE, J. TAPPING into Argumentation: Developments in the Application of Toulmin's Argu-



- ment Pattern for Studying Science Discourse. *Science Education* v.88, p. 915-933, 2004.
- ERDURAN, S. Methodological Foundations in the Study of Science Classroom Argumentation. In: ERDURAN, S.; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. *Argumentation in Science Education*. Springer. 2008
- HURD, P. H. Scientific literacy: new minds for a changing world. *Science Education* v. 82, p. 407-416, 1998.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; ERDURAN, S. Argumentation in Science Education: An Overview. In: ERDURAN, S.; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. *Argumentation in Science Education*. Springer. 2008.
- KELLY, G. J.; DRUKER, S.; CHEN, C. Students' reasoning about electricity: combining performance assessments with argumentation analysis. *International Journal of Science Education* v. 20, p. 849-871, 1998.
- KULATUNGA, U.; MOOG, R. S.; LEWIS, J. E. Argumentation and Participation Patterns in General Chemistry Peer-Led Sessions. *Journal of Research in Science Teaching* v. 50, p. 1207-1231, 2013.
- KUHN, D.; ZILLMER, N.; CROWELL, A.; ZAVALA, J. Developing Norms of Argumentation: Metacognitive, Epistemological, and Social Dimensions of Developing Argumentative Competence. *Cognition and Instruction* v.31, p. 456-496, 2013.
- MARTIN, A. M.; HAND, B. Factors Affecting the Implementation of Argument in the Elementary Science Classroom. A Longitudinal Case Study. *Research in Science Education* v. 39, p. 17-38, 2009.
- McNEILL, K. Teachers' Use of Curriculum to Support Students in Writing Scientific Arguments to Explain Phenomena. *Science Education* v.93, p. 233-268, 2009.
- ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. *PISA 2006: Science Competencies for Tomorrow's World*. Paris: OECD publishing, 2007.
- OROFINO, R. P. *Análise da Argumentação e de seus Processos Formadores em uma Aula de Biologia*. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo. 2011.
- OSBORNE, J.; ERDURAN, S.; SIMON, S. Enhancing the Quality of Argumentation in School Science. *Journal of Research in Science Teaching* v.41, p. 994-1020, 2004.
- OZDEM, Y.; ERTEPINAR, H.; CAKIROGLU, J.; ERDURAN, S. The Nature of Pre-service Science Teachers' Argumentation in Inquiry-oriented Laboratory Context. *International Journal of Science Education* v.35, p. 2559-2586, 2013.
- RUSSELL, T. L. Analysing arguments in science classroom discourse: Can teachers' questions distort scientific authority? *Journal of Research in Science Teaching* v. 20, p. 27-45, 1983.
- SAMPSON, V.; CLARK, D. B. Assessment of the Ways Students Generate Arguments in Science Education: Current Perspectives and Recommendations for Future Directions. *Science Education* v. 92, p. 447-472, 2008.
- SANDOVAL, W. A.; MILLWOOD, K. A. The Quality of Students' Use of Evidence in Written Scientific Explanations. *Cognition and Instruction* v. 23, p. 23-55, 2005.
- SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. *Investigações em Ensino de Ciências*. 13: 333-352. 2008.
- SIMON, S.; JOHNSON, S. Professional Learning Portfolios for Argumentation in School Science. *International Journal of Science Education*. 30: 669-688. 2008.
- SIMON, S.; ERDURAN, S.; OSBORNE, J. Learning to Teach Argumentation: Research and development in the science classroom. *International Journal of Science Education*. 28: 235-260. 2006.
- TIBERGHIE, A. Editors' Foreword Preface. In: ERDURAN, S.; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. *Argumentation in Science Education*. Springer. 2008.
- TOULMIN, S. *Os usos do argumento*. Martins Fontes. São Paulo. 2006.
- VONAUFSCHNAITER, C.; ERDURAN, S.; OSBORNE, J.; SIMON, S. Arguing to learn and learning to argue: case studies of how students' argumentation relates to their scientific knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*. 45: 101-131. 2007.
- WALKER, J. P.; SAMPSON, V. Learning to Argue and Arguing to Learn: Argument-Driven Inquiry as a Way to Help Undergraduate Chemistry Students Learn How to Construct Arguments and Engage in Argumentation During a Laboratory Course. *Journal of Research in Science Teaching* v.50, p. 561-596, 2013.

Apêndice 1 – Texto usado em sala de aula

A DESCOBERTA DO DNA

I. Determinação dos componentes do núcleo

1869 – Johann Miescher: identificou em núcleos de glóbulos brancos um composto de natureza ácida, rico em fósforo e nitrogênio, desprovido de enxofre e resistente à ação da pepsina (enzima que digere proteínas). Chamou esse composto de **nucleína**.

1889 – Richard Altmann confirmou a natureza ácida desse composto, chamando-o de ácido **nucléico**.

De 1880 a 1900 – verificou-se que o ácido nucléico continha **bases nitrogenadas** (adenina, timina, citosina e guanina) e **carboidratos** (do tipo pentose, com cinco carbonos).

1900 – verificou-se a existência de dois tipos de ácidos nucléicos: um com a base nitrogenada **uracila** e o carboidrato **ribose** – ácido **ribonucléico (RNA)** e outro com a base **timina** e o carboidrato **desoxirribose** – ácido **desoxirribonucléico (DNA)**.

1912 – Phoebis Levene e Walter Jacobs concluíram que o componente básico dos ácidos nucléicos era uma estrutura composta por uma base nitrogenada ligada a uma pentose que, por sua vez, estava unida ao fosfato. Essa unidade foi denominada **nucleotídeo**. Um ácido nucléico seria uma molécula formada por uma série de nucleotídeos ligados entre si (ainda não se sabia como).

II. Experimentos que relacionam o DNA como sendo o material genético

*Nesta época, as proteínas eram as melhores candidatas para conterem as informações genéticas, por sua impressionante variabilidade de composição, estrutura e função.

A identificação do material hereditário em bactérias

Bactérias que causam pneumonia (*Streptococcus pneumoniae*).

Linhagens **S**: produzem uma cápsula de carboidratos e causam a pneumonia em camundongos.

Linhagens **R**: não produzem cápsulas de carboidratos e não causam pneumonia em camundongos.

- 1.a)** 1928 – Fred Griffith fez o seguinte experimento:
- S vivas – camundongo morre
 - R vivas – camundongo sobrevive
 - S mortas pelo calor – camundongo sobrevive
 - S mortas pelo calor + R vivas – camundongo morre

Conclusões: bactérias R vivas haviam sido transformadas em S por algum tipo de substância (“princípio transformante”) liberada pelas bactérias S mortas. Essa transformação de bactérias R em S foi chamada de **transformação bacteriana**.

- 1.b)** 1944 – Oswald Avery verificou que a transformação bacteriana ocorria também *in vitro*. Em meios de cultura de bactérias R misturadas com S mortas, apareciam bactérias S vivas. Um colaborador de Avery verificou que a adição de álcool a um extrato de bactérias S causava a formação de um precipitado espesso que retinha o princípio transformante. Em 1944, no laboratório de Avery, isolaram grandes quantidades desse princípio e o trataram com:

- Amilase: ele continuava com o princípio transformante;
- Proteases: ele continuava com o princípio transformante;
- Ribonucleases: ele continuava com o princípio transformante;
- Desoxirribonucleases: ele perdia o princípio transformante.

Conclusões: Substância transformante é o DNA;
Se o DNA tem a capacidade de transformar características hereditárias das bactérias, ele deve ser o próprio material genético.

Argumentos contra: a amostra poderia estar contaminada com proteínas e que estas seriam responsáveis pela transformação bacteriana.

Contra-argumento: Em 1952 foram conseguidas amostras com apenas 0,02% de proteínas.

A identificação do material hereditário em vírus bacteriófagos

*A questão que se fazia na época era: o material hereditário são as proteínas ou o DNA?

2.a) 1952 – Alfred Hershey e Martha Chase marcaram o DNA do vírus com fósforo radioativo e, a proteínas de vírus, com enxofre radioativo. Verificaram que apenas o DNA do vírus penetra na bactéria, produzindo em 30 minutos centenas de outros vírus completos.

Conclusão: A fonte de informações hereditárias é o DNA, pois a partir dele pode ser formado tanto DNA quanto proteínas virais.

III. Determinação da estrutura do DNA

*Que características permitiriam ao DNA ser o banco de memória da informação hereditária? 1949 a 1953 – Erwin Chargaff quantificou as bases nitrogenadas em amostras de DNA de diferentes espécies e de diferentes órgãos de indivíduos da mesma espécie.

Conclusões: a composição de bases varia de espécie para espécie;
a composição de bases é constante dentro da espécie;
em qualquer espécie, a porcentagem de bases adenina é igual à de timina e a porcentagem de bases citosina é igual à de guanina.

1951 – Maurice Wilkins e Rosalind Franklin, por difração de raios X, determinaram que o DNA tem estrutura helicoidal.

1953 – James Watson e Francis Crick elaboraram um modelo compatível com os resultados experimentais até a época, levando em conta o tamanho e a configuração espacial dos nucleotídeos e respeitava os dados de Chargaff e de raios X.

A molécula é composta por duas cadeias polinucleotídicas dispostas em hélice ao redor de um eixo imaginário. As duas cadeias mantêm-se unidas por meio de pontes de hidrogênio entre os pares de bases específicos: adenina com timina (duas pontes de hidrogênio) e citosina com guanina (três pontes de hidrogênio).

As duas cadeias são **complementares**: onde em uma delas existir timina, na outra haverá adenina e, onde existir guanina, na outra existirá citosina.

As duas cadeias são **antiparalelas**, ou seja, cada fita possui orientação oposta.

Além disso, o modelo explica a replicação do DNA.

Esse modelo ficou conhecido como **modelo da dupla-hélice**.