

A linguagem e a alfabetização científicas: características linguísticas e argumentativas de artigos científicos

Daniela Lopes Scarpa¹, Sílvia Luzia Frateschi Trivelato²

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

²Departamento de Metodologia do Ensino, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo

Endereço para correspondência: scarpadani@gmail.com

Artigo apresentado originalmente no VIII ENPEC - Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências e I CIEC - Congreso Iberoamericano de Investigación en Enseñanza de las Ciencias.

O objetivo deste trabalho é identificar a estrutura argumentativa e as marcas linguísticas de artigos científicos com vistas a entender a natureza da argumentação na ciência e contribuir para as pesquisas em argumentação no ensino de ciências. Os estudiosos da alfabetização científica têm se preocupado com a leitura e a escrita de textos científicos, a partir da adaptação de textos originais da ciência para a educação básica de modo a garantir a permanência das características investigativas fundamentais. Para realizar a adaptação, é necessário conhecer profundamente a estrutura e as características linguísticas e argumentativas desse gênero textual. Foram analisados dois textos que abordam a noção de que o DNA é a molécula portadora das informações hereditárias a partir do padrão do argumento de Toulmin (2006) e das marcas linguísticas de Koch (2000). A análise evidenciou a estrutura canônica dos textos científicos, a presença da voz dos cientistas, o uso de modalizadores que conferem um caráter de incerteza da ciência e os argumentos analíticos.

O ensino por investigação e a ênfase nos processos de leitura e escrita de textos científicos têm recebido atenção nas pesquisas em ensino de ciências cujo foco está na alfabetização científica. Norris e Phillips (2003) defendem que, além da observação, dos experimentos, da coleta, registro e organização de dados a partir do mundo natural, ler e escrever são habilidades necessárias para o acesso dos estudantes de educação básica a um determinado 'fazer científico'.

Ao elencar as habilidades fundamentais para considerar um indivíduo alfabetizado cientificamente, Hurd (1998) inclui a compreensão dos modos pelos quais a pesquisa científica é realizada, como seus resultados são validados e o entendimento de como as conexões entre ciência, tecnologia e sociedade

acontecem, questões relativas à natureza da ciência, e afirma que esses objetivos serão atingidos se forem oferecidas oportunidades aos estudantes para se engajarem na resolução de problemas, investigando e desenvolvendo projetos de pesquisa.

Nesse contexto, desenvolver habilidades que permitam elencar dados, evidências e apoios para sustentar afirmações e conclusões toma papel central nas pesquisas preocupadas com a promoção da alfabetização científica. Por ser concebida justamente como a linha de raciocínio que justifica uma afirmação (KUHN, 1993), ou como os passos necessários para se estabelecer relações entre as evidências e as conclusões (TOULMIN, 2006), a argumentação ganhou destaque nas pesquisas em ensino de ciências a partir dos anos 1990, como parte da consolidação da área de investigação que relaciona a linguagem e os contextos de aprendizagem com o ensino de ciências (LEE *et al.*, 2009; YORE *et al.*, 2003).

Logo no início de seu artigo, Phillips e Norris (2009, p.313) defendem uma posição da qual compartilhamos:

PALAVRAS-CHAVES

Alfabetização científica, leitura, argumentação, linguagem científica, texto científico, investigação.

“Quando cientistas leem, eles estão realizando investigações.” Em contraposição à caracterização das ciências experimentais como fundamentalmente baseadas em atividades *hands-on*, os autores apresentam dados que sustentam que, na maior parte do tempo, os cientistas estão envolvidos em atividades *minds-on* – leitura, escrita e/ou fala. Por esse motivo, é importante que os currículos e os professores de ciências deem a devida importância para a leitura em ciências e que a concepção de leitura como investigação esteja presente de forma mais intensa na educação científica.

Ao investigar a estrutura de artigos científicos com o objetivo de caracterizar a natureza da linguagem científica, além da já conhecida e emblemática linguagem técnica especializada, alguns autores (SUPPE, 1998; NORRIS; PHILLIPS, 1994; NORRIS, 1992) verificaram que textos de diversas áreas e, especialmente da física, possuem uma estrutura argumentativa comum, na qual os cientistas estão preocupados em oferecer justificativas para seus problemas de pesquisa, métodos escolhidos, dados e análises, além de oferecer evidências e apoios para suas interpretações.

Em contraste, pesquisas que analisam livros didáticos de ciências verificam que grande parte dos textos desses livros tem caráter somente expositivo ou narrativo, há ausência do gênero argumentativo, apresentando a produção do conhecimento científico muito mais como uma sequência de procedimentos mecânicos e inquestionáveis, do que como uma atividade de raciocínio apoiado em evidências. Somado a esse quadro, é generalizada na escola uma concepção simplista de leitura, considerando-a como sinônimo de reconhecer corretamente um determinado vocabulário e identificar ou parafrasear sentenças do texto. Aumentar o conteúdo específico de ciências nesse cenário não contribui para que o estudante melhore sua fluência na interpretação de textos científicos, já que o problema não é a compreensão de conceitos científicos, mas sim uma ideia empobrecida do que é a leitura e qual o seu papel na atividade criativa do cientista (PHILLIPS; NORRIS, 2009). Como alternativa a esse quadro, os autores propõem que a leitura

seja considerada como um processo de investigação, através da qual os significados seriam construídos a partir da interpretação e da utilização ativa dos conhecimentos prévios.

Adaptar textos científicos originais para a educação básica, de forma a garantir a permanência das características consideradas fundamentais para o desenvolvimento de uma concepção de leitura como investigação tem sido proposto por diversos pesquisadores da área de ensino de ciências. Um número especial do periódico *Research in Science Education* (número 3, volume 39 de 2009) foi dedicado ao tema *Adapting primary literature for promoting scientific literacy*. Os artigos publicados nesse número defendem e investigam a produção e utilização de textos adaptados da literatura primária/original em sala de aula de ensino médio como forma de promover habilidades de raciocínio argumentativo ao se estudar. Diferentemente dos livros didáticos, os textos adaptados manteriam a estrutura canônica dos textos científicos (introdução, métodos, resultados e discussão), teriam uma organização argumentativa, apresentariam evidências para sustentar conclusões e aspectos de incerteza da natureza da ciência (FALK; YARDEN, 2009; NORRIS *et al*, 2009; YARDEN, 2009; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; FREDERICO-AGRASO, 2009).

Apesar dos desafios na implementação dessa metodologia, principalmente no que diz respeito tanto ao processo de adaptação dos artigos científicos em diferentes áreas do conhecimento quanto à formação de professores na utilização desse novo gênero de texto, Ford (2009) evidencia as potencialidades do APL (*adapted primary literature*) em possibilitar aos estudantes experiências autênticas e complexas sobre o conteúdo e a epistemologia das ciências, especialmente com relação ao raciocínio e aos componentes do argumento científico.

Defendemos que, para realizar a adaptação dos artigos originais e investigar as potencialidades no ensino, é necessário conhecer mais profundamente a estrutura e as características linguísticas de tais materiais. No presente trabalho, com o objetivo mais amplo de analisar aspectos importantes da estrutura de artigos científicos, evidenciando assim ca-

racterísticas do raciocínio de pesquisadores e da natureza da atividade científica, pretendemos responder à seguinte questão de pesquisa: quais são as características da linguagem científica de dois artigos originais importantes para a história da Biologia?

Esperamos que, ao responder à questão, possamos atingir o seguinte objetivo específico: identificar a estrutura argumentativa e as marcas linguísticas de artigos científicos originais com vistas a esclarecer a natureza da argumentação em ciência e, dessa forma, contribuir para as pesquisas em argumentação no ensino de ciências.

METODOLOGIA

Foram tomados como objeto de análise dois textos originais de cientistas (HERSHEY; CHASE, 1952; AVERY *et al*, 1944) sobre a noção de que o ácido desoxirribonucléico (DNA) é a molécula portadora das informações hereditárias. Há duas razões para a escolha dos textos. Uma delas se refere à importância desses artigos no estabelecimento de um dos paradigmas centrais das ciências biológicas: o de que o DNA é a molécula portadora das informações hereditárias dos seres vivos. A outra está relacionada ao tema da hereditariedade nos cursos de Biologia dos currículos da educação básica e também em alguns materiais didáticos (AMABIS; MARTHO, 2004, por exemplo). Usou-se o padrão de Toulmin (2006) e as marcas linguísticas de Koch (2000) para identificar elementos dos argumentos e suas relações.

As pesquisas em argumentação no ensino de ciências têm utilizado o padrão do argumento de Toulmin (TAP) com diversos objetivos. Bozzo (2011), em revisão de literatura sobre o tema, verificou que 43% dos artigos de circulação internacional sobre pesquisa em argumentação no ensino de ciências no período de 1988 a 2008, utilizaram o TAP como ferramenta de análise de argumentos em sala de aula e mais 16% usaram os conceitos abordados na obra de Toulmin (2006) para justificar a centralidade da argumentação no ensino de ciências.

O objetivo da investigação de Toulmin é caracterizar o processo racional da produção de argumentos produzidos em diversas

esferas da sociedade, “(...) os procedimentos e as categorias mediante os quais se podem discutir e decidir todas as “causas.”” (TOULMIN, 2006, p.10). Entendendo o artigo científico como um texto predominantemente argumentativo e buscando investigar justamente as características dessa estrutura argumentativa, os dois motivos apresentados anteriormente justificam a escolha desse referencial para realizarmos a análise dos artigos científicos.

Para haver um argumento, “é preciso apresentar dados de algum tipo; uma conclusão pura, sem quaisquer dados apresentados em seu apoio, não é um argumento” (TOULMIN, 2006, p. 152). O passo que autoriza o estabelecimento de uma afirmação (C) a partir dos dados (D) é chamado de *garantia* (W). A *garantia* é a informação a partir da qual argumentamos. No entanto, a *garantia* somente será válida em virtude de certos fatos, observações, experimentos, leis e conhecimentos mediante os quais foi estabelecida. As *garantias* têm avais que permitem sua formulação, apoios (B) que as tornam aceitáveis. As *garantias* possuem *qualificadores modais* (Q) que emprestam força às conclusões – termos como certamente, presumivelmente, provavelmente, necessariamente, quase nunca –, além de circunstâncias excepcionais que, em casos específicos, podem ser *refutadas* (R).

Quando a conclusão não apresenta ganho significativo de informação com relação à *garantia*, o argumento é considerado *analítico*. Nele, a conclusão é resultado óbvio dos *dados* e da *garantia*, como se apenas o embaralhamento das premissas fosse suficiente para se chegar à conclusão. Toulmin afirma que esse tipo de argumento é raro na prática cotidiana e os distingue de argumentos *substanciais*. Nestes, o argumento nunca é tautológico e as informações que permitem passar dos dados à conclusão são relevantes e substanciais.

Complementamos a análise considerando as marcas linguísticas de Koch (2000), que servem como pistas da significação do texto, importantes para produzir a sua compreensão e, portanto, a comunicação. Identificá-las e compreendê-las faz parte do desenvolvimento de uma competência textual e comunica-



tiva do ser humano. Para nosso trabalho, as marcas linguísticas referem-se:

- ♦ aos tempos verbais do discurso;
- ♦ às modalidades do discurso;
- ♦ aos operadores argumentativos;
- ♦ à seleção lexical.

Em relação aos tempos verbais, consideramos dois grupos:

- ♦ grupo I – referentes ao presente e ou futuro indicando implicação direta dos interlocutores na situação comunicativa;
- ♦ grupo II – referentes ao pretérito perfeito do indicativo e indicam eventos distantes dos interlocutores.

As modalidades do discurso referem-se às características que revelam as atitudes dos locutores perante o que dizem, podendo ser:

- ♦ aléticas, as que têm valor de verdade;
- ♦ epistêmicas, as que têm valor de conhecimento e podem ser, também, quantificadoras.

Os operadores argumentativos têm a função de orientar o interlocutor para determinada conclusão, através de indicadores de relações interfrásticas com o uso de conjunções, como *e*, para unir; relações de disjunção, no caso do uso de *ou*; relações de condicionalidade com o uso de *se, então, mas*.

E, por fim, a seleção lexical, refere-se à escolha do vocabulário e do uso do plural ou singular.

ANÁLISE DOS TEXTOS DOS CIENTISTAS

Os artigos científicos analisados neste trabalho foram encontrados em uma página da internet intitulada “Linus Pauling and the race for DNA: a documentary history”¹. Para os produtores da página, os artigos disponibilizados são considerados centrais na corrida sobre a determinação da estrutura do DNA, iniciada em 1940 e encerrada com a publicação do célebre artigo de Watson e Crick na revista *Nature* em 1953. Optamos por analisar os dois artigos considerados fundamentais para que a comunidade científica interessada em saber qual molécula era responsável

pela replicação e transferência da informação genética mudasse o foco das proteínas para o DNA: Avery, MacLeod e McCarty (1944) e Hershey e Chase (1952).

ANÁLISE DA PUBLICAÇÃO DE AVERY, MACLEOD E MCCARTY (1944)

O texto é dividido nas seguintes seções: *introdução* (duas páginas), *experimento* (quatro páginas), *métodos preparativos* (duas páginas), *análise do material transformante purificado* (oito páginas), *discussão* (quatro páginas), *resumo* (uma página), *conclusão* (um período), *bibliografia* (uma página), *explicação da figura 1* (uma página) e *figura 1* (uma página).

Podemos considerar que todo o texto é um argumento para se chegar à conclusão expressa em um único período:

A evidência apresentada suporta a crença de que um ácido nucléico do tipo desoxirribose é a unidade fundamental do princípio transformante do Pneumococcus Type III. (p. 156)².

Na introdução, são relatados experimentos anteriores, principalmente o de Griffith (1928³ *apud* AVERY; MACLEOD; MCCARTY, 1944), nos quais os autores chegam aos mesmos resultados e elaboram as mesmas conclusões: formas R de *Pneumococcus* que crescem em suspensão de bactérias do tipo S, mortas pelo calor, adquirem a estrutura capsular e a especificidade biológica das bactérias S (tipo III). Aqui, a questão da *autoria* parece ser importante no texto científico; é comum a citação dos autores de um trabalho ou uma ideia e os detalhes da publicação escrita (ao longo do texto e na bibliografia). Com relação ao aspecto da *persona do discurso*, nessa e nas outras seções, foi comum observar-se que o sujeito das frases era atribuído ao próprio artigo: “*O presente artigo está preocupado com...*” (p. 138), “*O presente estudo lida com...*” (p. 152). Ao longo de todo o artigo, foi possível identificar somente

¹Linus Pauling e a corrida pelo DNA: uma história documentada. A página da internet é <http://osulibrary.oregonstate.edu/specialcollections/coll/pauling/dna/index.html> e foi acessada em 27/01/2009.

²Nesta seção, todas as páginas citadas em parênteses se referem ao texto de Avery, MacLeod e McCarty (1944). Optamos por não inserir a citação completa para permitir uma leitura mais fluida. Além disso, fizemos a tradução livre de todas as citações diretas.

³GRIFFITH, F. The significance of pneumococcal types. *J. Hyg.*, v. 27, p. 113-159, 1928. A partir desta indicação, vamos nos referir a esse trabalho como somente “experimento de Griffith”.

um caso de presença da primeira pessoa do plural (“*Nós temos experiência...*” (p. 138)). A terceira pessoa do singular ou do plural foi utilizada para a referência a outras experiências: “*Ele mostrou que...*” (p. 138).

Consideramos a expressão “*Ele mostrou que...*” como uma *expressão modalizadora*, pois confere força ao dado que outros investigadores obtiveram como *conclusão* e que foi utilizada como *garantia* pelos autores do artigo.

O argumento estabelecido na introdução é um *argumento substancial*, já que a conclusão não decorre de um simples embaralhamento das premissas, mas é uma afirmação hipotética, uma elaboração a partir dos *dados* e da *garantia*. A expressão “*evidências convincentes*” indica isso. “*Convincentes*” também é um *modalizador*, já que tem a função de conferir força à conclusão. Além disso, é um *argumento indutivo*, já que estabelece uma lei geral que será utilizada como garantia em outros argumentos.

Tanto *dado* como *garantia* são empíricos, isto é, resultados de experimentos anteriores. A distinção entre as duas categorias se dá pelo fato de o dado ser representado por um resultado novo obtido do experimento de Griffith com o objetivo de investigar a transformação bacteriana, enquanto que a *garantia* é composta por resultados de experimentos já conhecidos, estabelecidos e aceitos pela área.

Ao longo da introdução, mais dados empíricos de outros autores são acrescentados com a utilização das palavras “*demonstrou*” ou “*demonstraram*” e, no último parágrafo, é apresentado o objetivo do artigo:

“isolar o princípio ativo e, se possível, identificar sua natureza química ou, pelo menos, caracterizá-la de maneira suficiente para classificá-la em um grupo genérico conhecido de substâncias químicas” (p. 138).

Nessa seção, quando os autores se referem ao próprio trabalho, são utilizados principalmente tempos verbais do grupo I (presente do indicativo composto: “*biólogos têm tenta-*

do...”; e neste outro caso - “*o presente trabalho está preocupado em...*” (p. 138). O pretérito perfeito simples (grupo II) aparece nos relatos dos experimentos realizados anteriormente por outros autores (“*Griffith encontrou...*”; “*Berry e Dedrick obtiveram sucesso...*”), associado em geral com a referência nominal. Ainda nessa seção, as referências aos seres vivos são feitas no plural (“*these animals, cells, mice, bacterial species*”).

As seções *Experimental* e *Preparative methods* descrevem, respectivamente, as condições para a obtenção da transformação dos tipos de pneumococos *in vitro* e a obtenção do princípio ativo a partir de uma determinada linhagem de pneumococos do tipo III. São seções eminentemente descritivas, com a utilização predominante do tempo verbal presente do indicativo. O futuro composto do indicativo (também do grupo I) é utilizado na seguinte situação: “*Os vários componentes do sistema serão descritos na seguinte ordem...*” (p. 138). Além de descreverem os procedimentos, os autores levantam os problemas e fazem inferências, tirando conclusões parciais relativas ao tópico específico. Num trabalho científico, esse detalhamento é importante na comunicação do processo da pesquisa pois fornece legitimidade ao executado e permite a repetição da investigação pela comunidade. Na página 139, por exemplo, os autores levantam a hipótese de que outros fatores além de anticorpos R estão envolvidos no soro acrescentado ao meio de cultura e que isso seria importante para a efetividade da transformação das bactérias. A palavra “*sugere*” é utilizada (“*Esse fato sugere que outros fatores além de anticorpos R estão envolvidos*”). Para se referir a um resultado específico, é utilizado o tempo verbal pretérito perfeito composto (“*No curso do presente estudo foi notado que...*” (p. 140)). A explicação para o resultado, no entanto, é dada no presente (“*O significado disso está no fato de...*” (p. 140)).

A seção *Analysis of purified transforming material* também é bastante descritiva dos resultados dos experimentos, que são transformados em inscrições (tabelas e gráficos). As palavras “*fato*” e “*evidência*” são mais uma vez utilizadas:



O fato de a tripsina, quimiotripsina e ribonuclease não terem efeito no princípio transformante é uma evidência a mais de que essa substância não é ácido ribonucleico ou uma proteína suscetível a ação de enzimas tripticas (p. 146).

Os resultados dos experimentos transformados em inscrições (tabelas) são transformados em fatos que, por sua vez, são transformados em evidências para a conclusão enunciada em um argumento analítico e, portanto, dedutivo.

Outro exemplo dessa mesma construção praticada diversas vezes ao longo da seção:

O fato de a atividade transformante ser destruída somente pelas preparações contendo depolimerase de ácido desoxirribonucleico e, o outro fato de que, em ambos os casos [soro de cachorro e coelho], as enzimas consideradas são inativadas à mesma temperatura e inibidas por fluoreto, fornecem evidência adicional para acreditar que o princípio ativo é um ácido nucleico de desoxirribose (p. 149-150).

Ao se referir aos dados apresentados na tabela, outra expressão “mostram que...” é comumente utilizada: “Os dados apresentados na Tabela IV mostram que...” (p. 151). Além dela, outras expressões modalizadoras que indicam uma seleção lexical característica do campo científico são utilizadas: “Tem sido descoberto...” (p. 139).

Mas, é na seção *Discussion* que as refutações e modalizadores aparecem de fato. Os autores dialogam com investigações anteriores, cujos resultados obtidos foram diferentes, refutando-os de maneira a fortalecer a conclusão com a qual buscam convencer o leitor (que muito provavelmente é também um cientista).

O presente estudo lida com os resultados de uma tentativa de determinar a natureza química de uma substância indutora de transformações específicas entre tipos de pneumococos (p. 152).

A escolha da palavra “tentativa” no trecho acima é interessante pois traz uma visão embutida do que seja o fazer científico. Associar as investigações com tentativas, revela o caráter provisório, árduo e humano da ciência, ao

mesmo tempo que, se a tentativa for bem sucedida nos resultados obtidos, possibilitando aos autores elaborarem uma conclusão categórica e genérica (como é o caso deste artigo), conferirá credibilidade e força persuasivas dos leitores.

A análise do trecho, citado a seguir, revela a utilização de modos verbais do grupo I e de vários modalizadores (aléticos: “fortemente”, “possibilidade” e epistêmicos: “evidências”, “evidenciado”).

Os dados experimentais apresentados neste artigo sugerem fortemente que ácidos nucleicos, pelo menos aqueles do tipo desoxirribose, possuem diferentes especificidades como evidenciado pela ação seletiva do princípio transformante. De fato, a possibilidade da existência de diferenças específicas no comportamento biológico dos ácidos nucleicos tem sido sugerida previamente, mas nunca tinha sido experimentalmente testada. As técnicas usadas no estudo de transformação parecem fornecer um modo sensível de testar a validade dessa hipótese e os resultados então obtidos somam evidências que dão suporte favorável a esse ponto de vista (p. 152-153, grifos nossos).

Aparece aqui também a utilização de operadores argumentativos que tem a função de orientar o leitor para uma determinada conclusão por meio do encadeamento dos enunciados: “pelo menos”, “de fato”, “e”.

Na página 154, outros modalizadores são usados: “claramente”, “sempre”, juntamente com a seleção lexical “descobertas experimentais”. Além dos operadores argumentativos: “uma vez que”, “mais do que isso”, “portanto”, “não só...mas também”, “igualmente, senão mais significativo”.

A seguir, um exemplo de condicionalidade lógica encontrado na discussão, com a utilização de modalizadores aléticos e epistêmicos.

Se, no entanto, a substância biologicamente ativa isolada na forma altamente purificada como sal de DNA realmente provar ser o princípio transformante, como as evidências disponíveis fortemente sugerem, então ácidos nucleicos desse tipo devem ser considerados não somente importantes estruturalmente mas como funcionalmente ativos em determinar as atividades bioquímicas e características específicas das células de pneumococos (p. 155, grifos nossos).

Apesar da relativização dos resultados na discussão, a conclusão é categórica na elaboração de um enunciado no presente do indicativo, novo sob o ponto de vista do conteúdo científico, mas analítico sob o ponto de vista da construção lingüística. O que foi elaborado na relação de condicionalidade na discussão, na conclusão é reelaborado na forma de conjunção – na discussão é necessário ponderar sobre a possibilidade de a comunidade científica aceitar as evidências como verdadeiras, enquanto que a conclusão trata as evidências como aceitas.

Ao longo do texto, são levantados os dados para a construção de evidências a partir da descrição dos resultados dos experimentos e de sua transformação em inscrições literárias. As garantias e apoios são destacados na medida em que os autores se referem a experimentos de outros pesquisadores e também na descrição dos procedimentos experimentais que se propuseram a realizar. Há a presença de qualificadores modais e também de refutações na discussão dos resultados. Assim, por meio da elaboração de pequenos argumentos (de acordo com a noção básica de Toulmin: D/W, C), os autores estabelecem garantias que serão utilizadas para o argumento maior, a posição defendida pelos locutores na conclusão final de seu trabalho.

Mesmo com a utilização de uma grande quantidade de modalizadores/expressões modalizadoras na seção “*Discussion*” indicando um discurso polêmico ou tolerante

(KOCH, 2000), a seleção lexical atribui um valor de verdade necessária às proposições (“descoberta”, “fato”, “provar”).

Se, na introdução do artigo, os cientistas elaboram um argumento substancial, o argumento completo defendido ao longo do texto pode ser considerado analítico. Os dados do argumento são os resultados obtidos empiricamente (e transformados em inscrições e interpretações das inscrições); a conclusão é a alegação que querem defender; e, a garantia é representada pelo próprio procedimento experimental que está impregnado de um conhecimento básico compartilhado pela comunidade científica e que, por isso mesmo, não precisa ser explicitado.

ANÁLISE DA PUBLICAÇÃO DE HERSHEY E CHASE (1952)

A análise aqui apresentada mostra características bastante semelhantes entre os dois textos científicos, a começar pela divisão e ordem das seções: logo após o título e a apresentação dos autores e data de submissão, o texto tem início, sem uma definição da seção, com a extensão de um parágrafo. Nele, há a referência a outros trabalhos utilizando-se as expressões *tem mostrado* e *o mesmo é verdade*. A conclusão do trabalho está enunciada no mesmo trecho:

Os experimentos reportados nesse artigo mostram que um dos primeiros passos no crescimento do T2 é a separação da capa de proteína do ácido nucleico da partícula viral, depois da qual a maior parte da proteína contendo enxofre não tem mais função adicional (p. 39).

Em seguida, há o *materials and methods* (duas páginas), em que são descritas as linhagens de fagos e de bactérias, os meios utilizados para o crescimento e a preparação dos fagos radioativos. Grande parte do texto, no entanto, é dedicada ao relato, descrição de pequenos experimentos que foram concebidos para se chegar ao objetivo proposto. São sete seções com elementos parecidos: referências a experimentos de outros pesquisadores no pretérito e utilização do presente para relatar o experimento realizado pelos autores; a transformação dos resultados empíricos em inscrições literárias (tabelas e gráficos);

o sujeito das afirmações é o *experimento*, o *resultado*, o *trabalho*, mas também aparece a primeira pessoa do plural (*nós*) na descrição de procedimentos.

Apesar da autonomia de cada montagem dos experimentos, é interessante perceber como os autores conectam um ao outro no decorrer da construção textual. A conclusão de um dos experimentos, por exemplo, é transformada em *dado* com caráter de previsão que será testada e confirmada por meio do arranjo experimental seguinte. Vejamos um exemplo:

Nós temos concluído acima que a maior parte da proteína contendo enxofre das partículas de fago restantes não toma parte na multiplicação do fago, e de fato não entra na célula. Segue que pouco ou nenhum enxofre deveria ser transferido do fago parental para a progênie. O experimento abaixo mostra que essa expectativa está correta, e que a transferência máxima é da ordem de 1 por cento (p. 49).

Garantias são estabelecidas a cada experimento e utilizadas no experimento seguinte até se chegar ao argumento final defendido pelos autores que, surpreendentemente, não é enunciado em um item *conclusão*. Depois da descrição de todas as investigações e resultados obtidos (13 páginas), há a seção *discussion*, na qual os pesquisadores apresentam novamente a conclusão do argumento principal do artigo a partir dos dados empíricos obtidos com a utilização de qualificadores modais (sublinhados).

Nós mostramos que quando bacteriófago T2 se prende nas células de bactérias, a maior parte do DNA entra na célula, e um resíduo contendo pelo menos 80% da proteína contendo enxofre permanece na superfície da célula. Nós inferimos que proteína contendo enxofre não tem função na multiplicação do fago e que o DNA tem alguma função. Nosso experimento mostra claramente que uma separação física entre uma parte genética e uma não genética do fago T2 é possível. (p. 54, grifos nossos).

Interessante notar o uso da palavra *inferimos* na elaboração da conclusão. A inferência é possível apoiada nos experimentos deles e

nos de outros pesquisadores citados no item. Ainda nessa seção, são apresentadas questões que permanecem sem respostas. Finalmente, há a seção *summary* que sintetiza, em itens numerados, cada um dos experimentos e, por último, enuncia novamente o argumento central do texto que é encerrado na seção *references*.

O argumento defendido pelos autores é um argumento analítico: as informações são construídas, ao longo do texto, por meio do relato de pequenos experimentos e com o uso de *garantias* e conhecimentos básicos implícitos já compartilhados pela comunidade científica. Mais do que isso, no último item do sumário (que é a última frase do texto) os cientistas concluem que a proteína não tem função no crescimento intracelular do fago e que o DNA tem alguma função, chamando a atenção de que nenhuma outra inferência deve ser feita com base nos resultados de tais experimentos.

A proteína contendo enxofre das partículas restantes do fago é confinada a uma capa protetora que é responsável pela adsorção na bactéria, e funciona como um instrumento para a injeção do DNA do fago para dentro da célula. Esta proteína provavelmente não tem função no crescimento intracelular do fago. O DNA tem alguma função. Outras inferências químicas não devem ser feitas com base nos experimentos apresentados (p. 56).

Apesar deste texto se referir exclusivamente ao funcionamento do bacteriófago T2 e da cautela do último parágrafo, não foi assim que os resultados foram recebidos pela comunidade científica, quando foram apresentados pelos pesquisadores no Congresso Internacional de Bioquímica (realizado em Paris em 1952). Naquele momento, para compreender a essência do material genético, os pesquisadores tinham que voltar os olhos para o DNA e foi o que Linus Pauling, Francis Crick e James Watson fizeram na corrida pela descoberta da estrutura dessa substância (WATSON; BERRY, 2005). Assim, a alegação de que o DNA é o portador das informações hereditárias de todos os seres vivos é uma indução que não foi refutada por nenhum outro experimento científico até o

momento, ao mesmo tempo que tem sido confirmada pelos resultados de pesquisas em diversos níveis.

DISCUSSÃO E IMPLICAÇÕES

A partir da análise realizada, é possível responder à questão proposta neste trabalho: quais são as características da linguagem científica de dois artigos publicados em meados do século XX sobre o papel do DNA como portador das informações hereditárias?

Apesar dos dois textos não apresentarem todas as seções separadas em subitens, é possível identificar a estrutura canônica presente nos artigos científicos típicos – *Resumo*, *Introdução*, *Métodos*, *Resultados*, *Discussão* e *Conclusão* (SUPPE, 1998).

Nos dois textos, ocorre a utilização alternada entre tempos verbais do grupo I (presente) do grupo II (pretérito), predominando o presente do indicativo. O grupo I é utilizado preferencialmente quando os autores se referem ao próprio trabalho para explicar algum resultado e/ou realizar alguma inferência/generalização e, o grupo II, quando descrevem/relatam outros experimentos ou para se referir a algum resultado específico. É frequente a referência nominal a outros autores e o uso da 3ª pessoa do singular ou do plural, além do uso impessoal do trabalho como sujeito; no entanto, encontramos também a primeira pessoa do plural quando se referem ao próprio trabalho.

É evidente que a natureza da linguagem está relacionada com as seções dos artigos. Na *discussão* aparecem as modalidades epistêmicas e quantificadoras (que, aqui, estão relacionadas às epistêmicas); aparecem também operadores argumentativos de condicionalidade. No entanto, a seleção lexical envolve a modalidade alética. Na *conclusão*, é mais frequente o uso da modalidade alética e de operadores argumentativos de conjunção, mas a seleção lexical passa pelo epistêmico.

Há, portanto, um deslizamento de uma modalidade a outra nesse texto científico: do discurso tolerante ou polêmico ao discurso autoritário; entre a dimensão do crer e a dimensão do saber. Apesar da ideia do provisó-

rio em ciência, alguns aspectos são tomados como verdade para se poder avançar, o que é compatível com a ideia de Latour (2000) de que não há racionalidade pura nos textos científicos e que eles são impregnados de retórica, de intenção persuasiva de seus leitores, representantes da comunidade científica.

Sutton (1998) defende que a voz pessoal do cientista é detectável, principalmente quando se escreve algo novo pela primeira vez. A partir do momento em que consensos são estabelecidos, que o conhecimento ganha o *status* de fato, a voz pessoal do cientista vai se apagando, dando lugar a uma impessoalidade no discurso. Se as cartas de cientistas para seus colegas têm um tom mais pessoal, esse tom desvanece à medida em que escreve para uma revista científica ou toma parte de revisões. Quando o conhecimento chega ao livro didático, a sua história é omitida e se torna propriedade pública.

Não esperávamos encontrar a voz pessoal dos cientistas nos dois artigos analisados. No entanto, isso foi possível em duas situações diferentes. Quando os autores do trabalho se referiam a outros experimentos e publicações de maneira nominal, eles se situavam naquele contexto de pesquisa, selecionando o que achavam relevante, recuperando informações necessárias para o desenvolvimento do próprio projeto. Também houve a utilização da 1ª pessoa do plural quando eles se referiam ao procedimento de investigação em questão. Mesmo assim, ao longo do texto, essa voz vem mesclada com o uso da voz passiva, o que dá a sensação de impessoalidade e distanciamento dos dados e confere caráter de objetividade à pesquisa.

Interessante atentar para o fato de que em nenhum momento, nos dois artigos, é feita tal generalização de que o DNA é o portador das informações hereditárias de todos os seres vivos. O experimento de Avery conclui que o DNA é o princípio responsável pela transformação bacteriana e o de Hershey e Chase faz considerações sobre o papel do DNA como material hereditário de vírus bacteriófagos. Não foi de imediato que os cientistas aceitaram mudar o foco da pesquisa de proteínas para o DNA. De início, não foi dada muita atenção ao experimento



de Avery, em 1944. Mas, com o experimento de Hershey-Chase, em 1952, a comunidade começou a pensar que o que funciona com vírus e bactérias pode funcionar também com organismos pluricelulares. A partir daquela época, o argumento geral de que o DNA é o portador das informações hereditárias começou a ser testado por geneticistas, bioquímicos e estudiosos interessados no mecanismo da replicação. É esse argumento que encontramos hoje em materiais de divulgação científica e em livros didáticos. Mesmo assim, alguns livros didáticos brasileiros incorporaram os experimentos de Griffith, de Avery e de Hershey-Chase como forma de justificar e contextualizar essa afirmação (ver, por exemplo, AMABIS; MARTHO, 2004).

Acreditamos que essa análise trouxe subsídios para a transformação dos artigos analisados como literatura científica primária em literatura científica adaptada (BARAM-TSABARI & YARDEN, 2005), em etapa posterior da pesquisa em andamento, com o objetivo de promover a alfabetização científica na educação básica, aproximando as metodologias nesse nível de ensino com os aspectos investigativos presentes em textos científicos originais.

Para essa transformação serão levados em consideração, por exemplo, os dados experimentais e os modalizadores utilizados nos textos originais que conferem um caráter de incerteza à atividade científica. Outro aspecto importante a ser considerado são as características dos argumentos. A análise demonstrou que o argumento geral dos textos científicos é analítico, e que as informações presentes nas conclusões são deduzidas a partir dos dados empíricos em relação com os procedimentos experimentais; acrescenta-se ainda que muitas garantias e apoios estão implícitos, já que são compartilhados pela comunidade científica. Um texto voltado para o Ensino Médio, por exemplo, talvez tenha que explicitar esses conhecimentos e focar os argumentos substanciais, que são mais utilizados pelos cientistas (no caso dos textos analisados) na formulação de hipóteses de trabalho.

Essa análise pode contribuir também para uma leitura mais aprofundada de artigos científicos, na medida que evidenciou, a partir da utilização do referencial teórico-metodológico, aspectos importantes da estrutura argumentativa dos textos, do raciocínio dos pesquisadores e da própria natureza da atividade científica.



REFERÊNCIAS

- AMABIS, J.M.; MARTHO, G.R. *Biologia*. v. 3. São Paulo: Editora Moderna, 2004.
- AVERY, O.T.; MacLEOD, C.M.; McCARTY, M. Studies on the chemical nature of the substance inducing transformation of pneumococcal types: induction of transformation by a deoxyribonucleic acid fraction isolated from pneumococcus type III. In: *Journal of Experimental Medicine*, v. 79, n. 1, p. 137-159, 1944.
- BARAM-TSABARI, A.; YARDEN, A. Text genre as a factor in the formation of scientific literacy. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 42, p. 403-428, 2005.
- BOZZO, M.V. Identificação dos perfis das pesquisas em argumentação no ensino de ciências no período de 1988 a 2008. São Paulo, 2011. Dissertação de Mestrado. IBUSP.
- FALK, H.; YARDEN, A. "Here the scientists explain what I said." Coordination practices elicited during the enactment of the Results and Discussion sections of adapted primary literature. *Research in Science Education*, v. 39, n. 3, p. 349-383, 2009.
- FORD, D.J. Promises and challenges for the use of adapted primary literature in science curricula: commentary. *Research in Science Education*, v. 39, n. 3, p. 385-390, 2009.
- HERSHEY, A.D.; CHASE, M. Independent functions of viral protein and nucleic acid in growth of bacteriophage. In: *The Journal of General Physiology*, v. 36, n. 1, p. 39-56, 1952.
- HURD, P.D. Scientific Literacy: New Minds for a Changing World. *Science Education*, v. 82, n. 3, p. 407-416, 1998.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; FEDERICO-AGRASO, M. (2009). Justification and persuasion about cloning: Arguments in Hwang's paper and journalistic reported versions. *Research in Science Education*, v. 39, n. 3, p. 331-347, 2009.
- KOCH, I.G.V. *Argumentação e linguagem*. São Paulo: Cortez, 2000.
- KUHN, D. Science Argumentation: implications for teaching and learning scientific thinking. In: *Science Education*. v. 7, n.3, p.319-337, 1993.
- LATOUR, B. *Ciência em ação: como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora*. São Paulo: Editora UNESP, 2000.
- LEE, M. H.; WU, Y.-T.; TSAI, C.-C. Research trends in science education from 2003 to 2007: a content analysis of publications in selected journals. *International Journal of Science Education*, v. 31, n. 1, p. 1999-2020, 2009
- NORRIS, S. P. Practical reasoning in the production of scientific knowledge. In: DUSCHL, R.; HAMILTON, R. (Eds.). *Philosophy of science, cognitive psychology, and educational theory and practice*. Albany, NY: State University of New York Press, p. 195-225, 1992.
- NORRIS, S. P.; MACNAB, J. S.; WONHAM, M.; DE VRIES, G. West Nile virus: Using adapted primary literature in mathematical biology to teach scientific and mathematical reasoning in high school. *Research in Science Education*, v. 39, n. 3, p. 321-329, 2009.
- NORRIS, S. P.; PHILLIPS, L. M.. Interpreting pragmatic meaning when reading popular reports of science. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 31, p. 947-967, 1994
- NORRIS, S.P.; PHILLIPS, L.M. How Literacy in Its Fundamental Sense is Central to Scientific Literacy", *Science Education*, v.87, n.2, p. 224-240, 2003.
- PHILLIPS, L. M.; NORRIS, S. P. (2009). Bridging the gap between the language of science and the language of school science through the use of adapted primary literature. *Research in Science Education*, v. 39, n. 3, p. 313-319, 2009.
- SUTTON, C. New perspectives on language in science. In: FRASER, B.J.; TOBIN, K.G. (eds.) *International Handbook of Science Education*. Kluwer Academic Publishes, p. 27-38, 1998.
- SUPPE, F. The structure of a scientific paper. *Philosophy of Science*, v. 65, p. 381-405, 1998.
- TOULMIN, S.E. (1958). *Os usos do argumento*. São Paulo: Martins Fontes, 2a ed., 2006.
- WATSON, J.D.; BERRY, A. *DNA: o segredo da vida*. São Paulo: Companhia das Letras, 2005.
- YARDEN, A. Reading scientific texts: adapting primary literature for promoting scientific literacy. *Research in Science Education*, v. 39, n. 3, p. 307-311, 2009.
- YORE, L; BISANZ, G. L.; BRIAN, H. Examining the literacy component of science literacy: 25 years of language, arts and science research. *International Journal of Science Education*, v. 25, n. 6, p. 689-725, 2003.