UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE EDUCAÇÃO

DANIELA LOPES SCARPA

Cultura escolar e cultura científica: aproximações, distanciamentos e hibridações por meio da análise de argumentos no ensino de biologia e na Biologia

São Paulo
2009

DANIELA LOPES SCARPA

Cultura escolar e cultura científica: aproximações, distanciamentos e hibridações por meio da análise de argumentos no ensino de biologia e na Biologia

Tese apresentada à Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutora em Educação

Área de Concentração: Ensino de Ciências e Matemática

Orientadora: Profª. Drª. Silvia Luzia Frateschi Trivelato

São Paulo
2009

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catalogação na Publicação
Serviço de Biblioteca e Documentação
Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo

375.25 Scarpa, Daniela Lopes
S286c Cultura escolar e cultura científica : aproximações, distanciamentos e hibridações por meio da análise de argumentos no ensino de biologia e na biologia / Daniela Lopes Scarpa ; orientação Silvia Luzia Frateschi Trivelato. São Paulo : s.n., 2009.

236 p.: il, tabs.

Tese (Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Educação. Área de Concentração : Ensino de Ciências e Matemática) - - Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo.

1. Biologia – Estudo e ensino 2. Ensino médio 3. Cultura escolar 4. Ciência - Cultura I. Trivelato, Silvia Luzia Frateschi, orient.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Daniela Lopes Scarpa

Cultura escolar e cultura científica: aproximações, distanciamentos e hibridações por meio da análise de argumentos no ensino de biologia e na Biologia.

Tese apresentada à Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutora em Educação

Área de Concentração: Ensino de Ciências e Matemática

Aprovada em: _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. _____

Instituição:_____ Assinatura:_____

Prof. Dr. _____

Instituição:_____ Assinatura:_____

Prof. Dr. _____

Instituição:_____ Assinatura:_____

Prof. Dr. _____

Instituição:_____ Assinatura:_____

Prof. Dr. _____

Instituição:_____ Assinatura:_____

Aos meus pais, Luiz e Marlene,
pela inestimável presença e
pelo carinhoso incentivo,
sempre.

Aos dois homens de minha vida,
Harlei e Tales,
com amor.

AGRADECIMENTOS

À Prof.ª Silvia Trivelato, por esses treze anos de convívio. Tempo de aprendizado extremamente importante para minha formação profissional. Tempo também de construção de carinho, respeito e admiração pela sua competência, sensibilidade e generosidade.

Aos professores Anna Maria Pessoa de Carvalho e Marcelo Motokane pela inflamada discussão no exame de qualificação e pelas críticas que me apontaram caminhos e contribuíram com meu amadurecimento como pesquisadora.

Aos meus colegas do Grupo de Estudos e Pesquisa em Ensino de Biologia (GEPEB) que, durante 2008, tiveram um papel fundamental na execução deste trabalho (e talvez não tenham nem dimensão da sua importância). Um grupo do qual já fui a "mascotinha" e agora, se não sou a mais velha, sou uma das mais antigas integrantes, com muito orgulho e prazer em participar.

Aos meus alunos (agora ex-alunos) que permitiram serem filmados e terem seus textos como objetos de pesquisa. E à Escola de Aplicação que abriu as portas para essa pesquisa.

À Tarcila Lucena por ter feito muito além de uma mera revisão de texto quando o prazo já estava estourando.

A todos os meus queridos amigos que acompanharam de perto o esforço em terminar este trabalho ao longo do ano de 2008 e souberam ouvir vários "nãos" quando me convidavam para qualquer programa.

À toda a minha família que sempre me incentivou e esteve presente, sendo tão companheira e necessária neste percurso.

E finalmente, ao Harlei que sempre foi tão companheiro e permitiu que eu tivesse tempo para me dedicar ao doutorado. E ao Tales que, apesar de ter ficado sem a mãe em muitos momentos, foi a grande inspiração para a continuidade deste trabalho.

Em resumo, o homem movido pelo espírito científico
deseja saber, mas para, imediatamente, melhor questionar.
Bachelard (1938/1996, p. 21)

RESUMO

SCARPA, D.L. **Cultura escolar e cultura científica: aproximações, distanciamentos e hibridações por meio da análise de argumentos no ensino de biologia e na Biologia**. 2009. 236 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

A tese que aqui se apresenta pretende sugerir que a cultura escolar regula as modalidades de acesso dos indivíduos aos objetos da cultura científica, em contraposição à idéia de enculturação como objetivo do ensino de ciências. Para tanto, parte de uma longa discussão teórica em que o conceito de *cultura*, *campo* ou *esfera* é discutido. De mão desses conceitos, parte-se para definição do que seria cultura escolar – uma relação pedagógica submetida a tempos, lugares e objetos específicos – e cultura científica – atividade humana com métodos e padrões historicamente contingentes que são avaliados em relação à sua meta e ao grau de sucesso obtido, na qual está inserida a biologia. Definidos esses campos, foi necessário, então, entender como se dá o diálogo entre essas esferas, para tanto se fez uso do conceito de hidridação, zona de encontro entre as linguagens típicas de cada um desses campos sociais. Com os conceitos construídos, escolheu-se a abordagem metodológica: tomar como objeto de análise dois textos de cientistas e dez textos de alunos sobre a mesma temática, a noção de que o DNA é a molécula portadora das informações hereditárias. Usou-se o padrão de Toulmin (1958/2006) e as marcas lingüísticas de Koch (2000) para identificar elementos dos argumentos e suas relações. A análise dos textos mostrou que os alunos fazem uso, preponderantemente, de argumentos substanciais, enquanto que cientistas constroem seus textos por meio de argumentos analíticos. A utilização diferenciada dos tempos verbais do discurso nos textos de cientistas e alunos permitiu sugerir a transformação de uma biologia funcional em uma narrativa histórica. A seleção lexical e o uso de qualificadores tornaram visível o deslizamento entre as modalidades aléticas e epistêmicas que assumiram funções diferenciadas nos dois tipos de produção textual. Essa análise nos permitiu discutir que o percurso realizado pelos estudantes para acessar as verdades científicas ou construir visões de ciências envolve etapas e processos diferenciados daqueles percorridos pelos cientistas nesses mesmos processos. Se, por um lado, não é suficiente que o objetivo do ensino de ciências seja o de propiciar a compreensão dos resultados e produtos produzidos na esfera científica, por outro lado, não são todas as regras do jogo que são acessíveis aos estudantes. Assim, o ensino de ciências deve ser visto como um processo de construção de uma visão idiossincrática de ciência que envolva a compreensão dos seus conceitos e linguagem, não para adotar essa nova cultura, mas para que se possa dialogar com ela.

Palavras-chave: cultura escolar, cultura científica, hibridação, educação científica, ensino de biologia, argumentação.

ABSTRACT

SCARPA, D.L. **School culture and scientific culture: drawing closer, distancing and hybridizations by means of arguments analysis in Biology Education and in Biology**. 2009. 236 f. Thesis (Doctoral) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

The thesis presented here suggests that school culture regulates the access to objects of scientific culture, as opposed to the idea of enculturation. To pursue that, we begin with a long theoretical discussion in which the concepts of *culture*, *field* or *sphere, school culture* (a pedagogical relationship subject to time, specific places and objects) and *scientific culture* (human activity with standardized methods) are discussed. Finally, it is necessary to understand the dialogue between school culture and scientific culture. In other words, to examine their field of hybridization. After establishing the concepts, we chose as object two scientific texts and the answers of ten students, all on the same subject: the notion that the DNA molecule is the carrier of hereditary information. We use the Toulmin's model of argumentation (1958/2006) and the linguistic categories of Koch (2000) to identify elements of the arguments and their relationship. The analysis of the texts have shown that students are using substantive arguments, while scientists construct their texts by means of analytical arguments. The difference between the use of verb tenses between scientific texts and those of the students suggests the transformation of a functional biology into a historical narrative. The lexical selection and use of qualifiers has made visible the interchange between the alethic and epistemic modalities which have different functions in both discourses. The analysis has allowed us to see that the path traveled by the students to access the scientific truths or to construct visions of science involves stages and processes different from those covered by the scientists. If, on the one hand, to provide an understanding of the results in the scientific sphere it is not sufficient goal for teaching science, on the other hand, not all the rules are accessible to students. Thus, the science teaching should be seen as a process of building a specific vision of science that involves the understanding of its concepts and language. Instead of inserting the students in this new culture, it should help them to exchange impressions with it.

Keywords: school culture, scientific culture, hybridization, science education, biology education, argumentation.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....11

INTRODUÇÃO.....17

1. CONSIDERAÇÕES SOBRE CULTURA, PRÁTICAS CULTURAIS E LINGUAGEM.....24

1.1. CULTURA E LINGUAGEM.....29

1.2. A INTERSECÇÃO ENTRE DIFERENTES CULTURAS: UMA APROXIMAÇÃO AOS CONCEITOS DE ACULTURAÇÃO, ENCULTURAÇÃO E HIBRIDAÇÃO.....36

1.3. A ARGUMENTAÇÃO COMO PRÁTICA CULTURAL.....41

2. A CULTURA ESCOLAR NA ZONA DE FRONTEIRA.....45

3. A CULTURA CIENTÍFICA EM QUESTÃO.....53

3.1. A CULTURA CIENTÍFICA E A BIOLOGIA.....63

4. A ARGUMENTAÇÃO E O ENSINO DE CIÊNCIAS.....67

5. CONSIDERAÇÕES METODOLÓGICAS.....83

5.1. A ESTRUTURA DO ARGUMENTO DE TOULMIN.....88

5.2. AS MARCAS LINGÜÍSTICAS DA ARGUMENTAÇÃO.....93

5.2.1. Os tempos verbais no discurso.....93

5.2.2. As modalidades do discurso.....94

5.2.3. Operadores argumentativos.....95

5.2.4. Relações interfrásticas.....96

5.2.5. Seleção lexical.....96

6. ANÁLISE DOS DADOS.....97

6.1. ANÁLISE DOS TEXTOS DOS CIENTISTAS.....98

6.1.1. Análise da publicação de Avery, MacLeod e McCarty (1944).....98

6.1.2. Análise da publicação de Hershey e Chase (1952).....106

6.2. ANÁLISE DA QUESTÃO PROPOSTA PELA PROFESSORA.....112

6.3. ANÁLISE DAS RESPOSTAS DOS ALUNOS.....114

6.3.1. Análise da resposta do aluno 1.....114
6.3.2. Análise da resposta do aluno 2.....118
6.3.3. Análise da resposta do aluno 3.....123
6.3.4. Análise da resposta do aluno 4.....130
6.3.5. Análise da resposta do aluno 5.....134
6.3.6. Análise da resposta do aluno 6.....140
6.3.7. Análise da resposta do aluno 7.....145
6.3.8. Análise da resposta do aluno 8.....149
6.3.9. Análise da resposta do aluno 9.....153
6.3.10. Análise da resposta do aluno 10.....158
6.3.11. Síntese da análise das respostas dos alunos.....162
6.4. ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS TEXTOS DOS CIENTISTAS, DA PROFESSORA E DOS ALUNOS.....164
6.4.1. Tempo verbal e pessoa do discurso.....165
6.4.2. Modalizadores, operadores argumentativos e seleção lexical.....168
6.4.3. Plural ou singular para os seres vivos e confusão conceitual.....170
6.4.4. Tipos de argumentos.....171

7. À GUISA DE CONCLUSÃO: RESPONDENDO AS QUESTÕES DE PESQUISA E ARRISCANDO EXTRAPOLAÇÕES.....173

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....181

ANEXO 1.....190
ANEXO 2.....194
ANEXO 3.....218

APRESENTAÇÃO

Cultura
Arnaldo Antunes[1]

o girino é o peixinho do sapo
o silêncio é o começo do papo
o bigode é a antena do gato
o cavalo é pasto do carrapato

o cabrito é o cordeiro da cabra
o pescoço é a barriga da cobra
o leitão é um porquinho mais novo
a galinha é um pouquinho do ovo

o desejo é o começo do corpo
engordar é a tarefa do porco
a cegonha é a girafa do ganso
o cachorro é um lobo mais manso

o escuro é a metade da zebra
as raízes são as veias da seiva
o camelo é um cavalo sem sede
tartaruga por dentro é parede

o potrinho é o bezerro da égua
a batalha é o começo da trégua
papagaio é um dragão miniatura
bactérias num meio é cultura

A música de Arnaldo Antunes é cheia de definições explicitadas pelo verbo *é*. Definições impregnadas de criatividade, de visões de mundo, indicando, algumas vezes, um processo, outras vezes, relações inusitadas. Definições que, por isso, se distanciam do real e não têm aquele compromisso em ser espelho dele. Construção poética que evidencia uma concepção de linguagem e de suas possibilidades.

Talvez seja por esse motivo que eu goste dessa letra. Desde que eu me conheço por gente, sempre gostei de uma discussão acalorada, sobre qualquer assunto, em que o exercício de aplicar conceitos e definições fosse praticado. Quantas vezes meu rigor e, por que não dizer, chatice, em levar tal aplicação às últimas conseqüências não resultou em discussões com vozes alteradas e inflamadas!

[1] Arnaldo Antunes no disco *Nome*. São Paulo: BMG Ariola Discos, 1993.

Acredito que também gosto da letra porque, de alguma maneira, a hibridez entre diversas esferas da sociedade está presente, por meio de interações inusitadas entre conceitos, evidenciando a polifonia – composição de diversas vozes – e polissemia – diversidade de sentido de um texto. Especialmente o último verso, "*bactérias num meio é cultura",* que, na sua relação com o título, entrelaça e sintetiza os entroncamentos entre natureza e cultura.

Acredito que meu interesse por definições e a necessidade de aprofundar no seu histórico e contextualização é profícuo para a prática acadêmica, já que isso aumenta a segurança e consistência, o que permite escolhas, seleções e a licença para o uso. Esse caráter estará presente em todo o texto.

Além das motivações internas, de dentro para fora, que moldaram as margens do percurso, a produção deste trabalho e as reflexões aqui desenvolvidas estão inspiradas também em dois aspectos da atividade docente que vivencio: a prática de sala de aula de biologia com adolescentes e o diálogo teórico com autores de diferentes áreas da educação ou em interface com ela (antropologia, didática, filosofia, linguagem, metodologia de ensino, sociologia). Ambas as dimensões se complementam, interagem, por vezes de maneira conflituosa, e se transformam constantemente.

Como professora de Biologia do Ensino Médio, as preocupações são da ordem do planejamento curricular e da elaboração de atividades de ensino que levem o aluno a compreender o que é a biologia, o que está implicado no fazer dessa ciência e no seu funcionamento interno na relação com outros aspectos da sociedade. Tudo isso organizado de uma forma que permita ao estudante se situar ao longo de sua vida frente a esse campo de conhecimento e aos temas de interesse social gerados por ele.

A busca de um embasamento teórico para essas inquietações profissionais trouxe o contato com análises de importantes pesquisadores da área de Ensino de Ciências Naturais[2] que se utilizam dos conceitos de *cultura científica*, *cultura escolar* e *enculturação* para investigar o ensino e o aprendizado das ciências naturais na escola. A tese de doutorado de Capecchi, defendida em maio de 2004, possibilitou minha primeira aproximação com esses conceitos e com os autores a eles relacionados. Nesse trabalho, a aprendizagem de ciências é tida como um processo de enculturação – entrada do aprendiz em uma nova cultura, compreendendo e ensaiando o uso de suas práticas, valores e linguagens. Para ela e outros autores (por exemplo, CARVALHO, 2008; DRIVER; NEWTON; OSBORNE, 2000),

[2] Daqui em diante, quando aparecer *ciência* ou *ciências* sem nenhuma qualificação, estou me referindo às ciências naturais.

apropriar-se da linguagem científica, que é uma forma particular de falar e ver o mundo, é fundamental quando a ciência é tratada como uma espécie de cultura. Para os sujeitos aprenderem a utilizar a cultura científica em determinados contextos, é necessário que experimentem a linguagem desse domínio específico. A argumentação é considerada um dos gêneros mais característicos da prática científica, portanto, esta assume um papel fundamental na aprendizagem de ciências na escola, tanto do ponto de vista conceitual – a partir do domínio do conteúdo e linguagem científicos –, quanto do ponto de vista epistemológico – compreendendo a construção histórica e social desse conhecimento.

Na literatura especializada é mais comum, no entanto, que o objetivo do ensino de ciências seja tomado como um processo de *alfabetização científica*. Como é natural acontecer em maior ou menor grau, essa expressão sofreu variações na maneira como foi apropriada e utilizada no tempo e no espaço, adquirindo contornos diferentes, ampliados ou reduzidos de acordo com o enfoque dado às prioridades do ensino de ciências.

As conseqüências sociais, econômicas e culturais do rápido desenvolvimento científico e tecnológico tiveram impacto no modo de se enxergar e fazer ensino de ciências. De uma fase de apresentação da ciência como neutra cujo enfoque está nos seus produtos, o ensino de ciências passou a privilegiar uma visão na qual os elementos contextuais e sócio-históricos e, portanto, seu processo de produção, são parte essencial. Nesse sentido, começou a se almejar um ensino que, para além da compreensão dos conceitos e produtos da ciência, propiciasse a problematização dos impactos da ciência na sociedade e promovesse a participação efetiva da população na tomada de decisões (KRASILCHIK; MARANDINO, 2004).

A expressão *alfabetização científica* é traduzida do inglês *scientific literacy*, que aparece pela primeira vez na literatura em 1958, em um artigo de Paul Hurd[3] (SASSERON, 2008). Se não há uma definição precisa para a expressão, pelo menos considera-se que envolva três grandes dimensões:

> *o entendimento das normas e métodos da ciência (ou seja, da natureza da ciência); o entendimento de termos e conceitos chaves das ciências e o entendimento e a consciência do impacto de ciência e tecnologia na sociedade* (LAUGKSCH, 2000[4] apud NIGRO, 2007).

[3] HURD, P. Science literacy: its meaning for American schools. *Educational Leadership*, v. 16, n. 1, p. 13-16, 1958.
[4] LAUGKSCH, R. Scientific literacy: a conceptual overview. *Science Education*, v. 84, n. 3, p. 71-94, 2000.

Muitas pesquisas, então, se ocupam em como fazer isso, em investigar como devem ser pensados os currículos de ciências da educação básica para dar conta desses aspectos.

Scientific literacy também foi traduzida para o português como *letramento científico*. Mais uma expressão buscando espaço na arena da academia! Alguns cientistas defendem sua utilização, não por uma simples questão de tradução, mas por acreditarem que amplia o conceito de alfabetização. Já na dissertação de mestrado (SCARPA, 2002), aponto a diferença entre ser "alfabetizado" – indivíduo que domina um sistema de sinais gráficos de uma língua – e ser "letrado" – exercer e cultivar as práticas sociais envolvidas com a leitura e a escrita –, e indico a ampliação do espectro abrangido pelo conceito de letramento – práticas sociais de leitura e escrita – para as outras áreas do conhecimento inseridas no contexto da cultura escolar. Considerando, então, as ciências naturais como *linguagem social* (BAKHTIN, 1934-35/1998) característica, com seu discurso e conceitos específicos, o letramento também envolveria a apropriação das práticas sociais relativas ao uso dos gêneros peculiares a essa linguagem social.

Transbordando mais ainda o caráter polifônico desses enunciados, o termo *literacy* é traduzido, nos documentos da UNESCO, pela palavra cultura, nem alfabetização, nem letramento. Já a literatura francófona utiliza a expressão *"la culture scientifique"* (SASSERON, 2008), o que justificaria *enculturação científica*.

Enculturação científica, alfabetização científica ou letramento científico? A adesão a este ou àquele conceito ou a discussão sobre a natureza da cultura científica e da cultura escolar muitas vezes são foco de debates acalorados e instigantes travados em congressos ou em reuniões científicas e de grupos de pesquisa. Com o intuito de trazer esse caráter polifônico, o texto aqui elaborado pretende travar um diálogo com alguns autores da área de ensino de ciências que tratam desses conceitos.

Entretanto, antes de conversar diretamente com os autores da área de ensino de ciências, outras vozes serão trazidas ao debate; ecos da antropologia, sociologia e ciências da linguagem, nas quais os termos cultura e argumento circulam com freqüência há muito mais tempo. O posicionamento teórico e seu embasamento é ponto de partida importante para qualquer trabalho de pesquisa acadêmico por dois motivos. Ao ler teses e dissertações, muitas vezes, fica implícita a maneira pela qual o autor desenvolveu seu percurso. Temos acesso ao produto, aos textos já selecionados no processo de produção e não aos critérios de seleção. Forasteira que sou nas ciências humanas (como bióloga de formação, mas pesquisadora da área de educação, interdisciplinar por natureza), explicitar esse percurso intelectual na

construção do texto me ajuda a organizar, selecionar e embasar meus posicionamentos frente a tamanha diversidade e possibilidades de abordagens, o que pode contribuir também para que outros estudantes de iniciação, mestrandos ou doutorandos possam trilhar seu próprio caminho.

Além disso, a elaboração conceitual é um instrumento para polir as lentes de óculos teóricos construídos para a análise dos dados de pesquisa. Em muitos trabalhos, os óculos já estão dados, prontos, é só usar para ver, mesmo não se sabendo qual é o grau. Não é o caso aqui. Os óculos serão construídos teoricamente e as lentes polidas para regular o olhar para a produção escrita de alunos em uma aula de biologia no Ensino Médio.

É por esse motivo que começo do início. Se vou falar de enculturação, tenho que falar de cultura. Se vou falar de argumentação, tenho que falar de linguagem. Se vou falar de ciências na escola, tenho que falar de cultura escolar. É claro que esse não é o único percurso, mas é um possível que gostaria de compartilhar.

Nesse sentido, o texto está dividido em duas partes: a primeira parte é de cunho mais teórico, trata da construção dos óculos, do arcabouço para a defesa de uma tese, de um posicionamento no diálogo com outros autores. A segunda parte envolve o olhar para a sala de aula de biologia a partir do embasamento sustentado.

Tentarei defender neste trabalho que a cultura escolar regula as modalidades de acesso dos indivíduos aos objetos da cultura científica. Assim enunciada parece uma tese óbvia; no entanto, dialoga com os trabalhos da área de pesquisa em ensino de ciências subvertendo um pouco o foco da discussão. A tendência de diversas pesquisas é investigar aspectos da cultura científica (aquela praticada pelos cientistas) na ciência ensinada na escola, valorizando esses aspectos e buscando estratégias para aproximá-las (como veremos no capítulo 4). Aqui, pretende-se verificar como se dá a hibridação entre cultura científica e cultura escolar, o que é abandonado, o que é retido e o porquê dessa escolha.

Assim, a Introdução já inicia o diálogo com os autores de pesquisa em ensino de ciências, situando o problema de pesquisa e justificando o percurso teórico dos capítulos seguintes.

O primeiro capítulo é desenvolvido com o objetivo de aprofundar as possíveis definições e concepções do conceito de cultura. Nele, esse conceito é associado à experiência, às práticas culturais que, por sua vez, são estabelecidas por meio da ação comunicativa entre os sujeitos e aí, a importância da linguagem e da *práxis* nas diferentes esferas da sociedade.

A partir desse embasamento, é possível tratar da cultura escolar, tema do segundo capítulo. Ao investigar esse conceito, foi possível discutir o que é próprio dessa formação social e o que extravasa seus muros, associando a importância da escrita em nossa sociedade com a função da escola. O objetivo do terceiro capítulo é discorrer sobre a cultura científica de uma maneira geral, problematizando a existência de um único método científico e traçando as especificidades do funcionamento da biologia. Escrutinar o que define esse campo de conhecimento será importante para se contextualizar a disciplina escolar biologia na sua relação com a cultura científica.

Após esse percurso, apareceram dúvidas sobre o conceito de enculturação e a pertinência de sua utilização nas pesquisas em ensino de ciências como maneira de justificar a importância de se investigar a linguagem e a argumentação em sala de aula. Se cultura é experiência, será que é possível enculturar os alunos na cultura científica? Será que as regras e práticas da cultura científica utilizadas na educação científica, ao serem submetidas às regras e práticas típicas da cultura escolar, não são transformadas a ponto de não serem mais reconhecidas como regras e práticas da cultura científica? Essa discussão é travada, no quarto capítulo, dialogando-se com os autores que utilizam a argumentação nas pesquisas em ensino de ciências, e é retomada no último capítulo.

As questões de investigação mais específicas deste trabalho e o instrumental metodológico que será utilizado na análise dos dados são expostos no capítulo cinco. No capítulo seis é realizada a análise dos dados relativos aos textos originais dos cientistas e às respostas escritas de alunos do 3º ano do Ensino Médio sobre o desenvolvimento da idéia de que a base material da hereditariedade está na molécula de DNA.

Acredito que essa análise traga subsídios para a discussão sobre o papel da escola com relação à educação científica, o que pode ser traduzido pela seguinte questão mais geral: como a escola pode fazer com que o indivíduo valorize a ciência ao mesmo tempo em que compreenda seus limites de atuação na sociedade?

Finalmente, no capítulo sete, considerações finais sobre a análise são levantadas e questões de pesquisa retomadas.

INTRODUÇÃO

As pesquisas sobre ensino e aprendizagem de ciências têm se voltado, cada vez mais, para os aspectos da construção de significados a partir de contextos sociais. De um enfoque no qual a aprendizagem é vista como mudança conceitual do indivíduo e que certas concepções têm que ser substituídas por aquelas consideradas corretas do ponto de vista científico, as pesquisas passaram a privilegiar as maneiras pelas quais as explicações são construídas e compartilhadas no contexto da sala de aula de ciências (DUIT; TREAGUST, 1998; COBERN; AIKENHEAD, 1998).

Em uma revisão de literatura sobre as pesquisas que tratam das relações entre linguagem e ensino de ciências para a edição comemorativa de 25 anos do *International Journal of Science Education*, Yore, Bisanz e Hand (2003) afirmam que, desde 1978, houve uma mudança na forma de compreender o papel da linguagem na educação científica e também nas metodologias de pesquisa utilizadas para investigar o oral e o escrito na ciência e no ensino-aprendizagem de ciências. De uma abordagem behaviorista, na qual falar, ouvir, ler e escrever eram processos ignorados ou tidos como unidirecionais, os anos mais recentes refletem interpretações construtivistas do aprendizado e procedimentos de pesquisa mais amplos que reconhecem a natureza holística dos processos que ocorrem na sala de aula. Os autores demonstram que, desde o final dos anos 70, muitos pesquisadores em linguagem e ciências têm procurado modelos compatíveis de ensino-aprendizagem envolvendo experiências sensoriais, discursos orais e escritos, materiais de texto, mais situados em um contexto sociocultural.

Nesse sentido, novos fatores foram acrescentados aos estudos sobre ensino e aprendizagem de ciências, dentre eles se destaca o papel da interação entre professor e alunos e o papel das diferentes linguagens e discursos que circulam na sala de aula participando na construção de significados (CAPECCHI, 2004; SCARPA, 2002; MACHADO, 1999; CANDELA, 1998; WELLS, 1998; MORTIMER; MACHADO, 1997; SCOTT, 1997). Vários desses autores trabalham em uma perspectiva sociocultural, resgatando e ampliando as idéias de Piaget, Vygotsky e Bakhtin.

Yore, Bisanz e Hand (2003) apontam ainda que a linguagem é uma tecnologia e uma ferramenta para facilitar o pensamento e o raciocínio plausível, para dar sentido aos eventos do mundo natural e para resolver problemas de comunicação. Assim, os cientistas e os estudantes de ciências deveriam utilizar a linguagem oral e escrita para construir novos

conhecimentos científicos, para acessar e compreender idéias estabelecidas na ciência e para informar e persuadir outros cientistas e pessoas sobre assuntos científicos. Tudo isso envolve as habilidades de interpretar, construir e refutar argumentos que associam evidências e dados empíricos a idéias e teorias. A referência à importância e ao papel da argumentação nas práticas de ensino e aprendizagem de ciências como uma forma de exercitar essas habilidades é recorrente ao longo do texto.

Um dos primeiros artigos, muito citado na área de pesquisa em ensino de ciências (por exemplo, CANDELA, 1998; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; DÍAZ DE BUSTAMANTE; DUSCHL, 1998a, 1998b), que relaciona ensino de ciências e argumentação, é *Science as argument: implications for teaching and learning scientific thinking,* de Deanna Kuhn, publicado em 1993.

Professora de Psicologia e Educação da Universidade de Columbia nos EUA, Deanna Kuhn também dirige o *Education for Thinking Institute*[5], cujo projeto investiga o desenvolvimento das habilidades de pensamento e de aprendizado como um objetivo da educação, que deve produzir compreensão e não acúmulo de informações. Realizar argumentação, análise e inferência são capacidades centrais para o cultivo do pensamento crítico. O argumento pode ser concebido tanto como um processo – no qual as pessoas se engajam em debater afirmações contraditórias ou opostas – quanto como um produto – uma linha de raciocínio que justifica uma afirmação. Ambos se inter-relacionam, já que estão embutidos no argumento como produto os processos de suportar ou refutar a afirmação. Não se nasce com o talento de argumentar, mas é uma habilidade que se desenvolve na prática intensiva e que pode ser potencializada se os indivíduos tomam consciência das regras envolvidas na elaboração desse discurso e no papel da argumentação em construir conhecimento e valores.

No artigo supracitado, a autora afirma que seria mais promissor enxergar o ensino de ciências como a promoção de uma maneira de pensar. Ela se pergunta, então, o que significa pensar cientificamente e como aproximar o pensamento dos cientistas do pensamento de pessoas leigas (tanto crianças, como adolescentes ou adultos). Para que isso aconteça, a autora defende que é necessário

> *[...] tratar o pensamento científico não como uma abstração, mas trazê-lo para o domínio do comum, do ordinário. Isso não significa que a diferença*

[5] http://www.educationforthinking.org/, acessado em 15/01/2009.

> *entre os dois é inconseqüente ou que o pensamento científico vem naturalmente. (...) Para entender o pensamento científico dessa maneira, nós precisamos de uma alternativa, ou pelo menos um suplemento, para a visão de ciência como exploração. A alternativa que eu proponho aqui é ciência como argumento.* (KUHN, 1993, p. 319, tradução nossa).

A atividade humana que tornaria possível a conexão entre o pensamento dos cientistas e o domínio do comum seria, então, a argumentação.

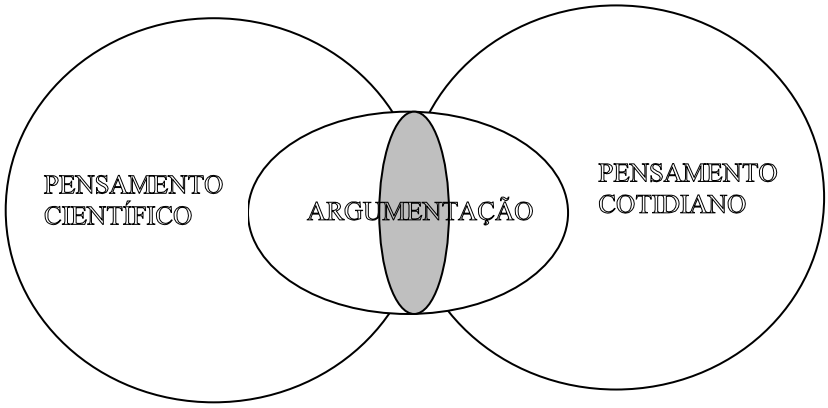
Por um lado, a argumentação é parte integrante e fundamental da prática científica, presente em várias de suas etapas e em diferentes níveis de complexidade: na mente do cientista, ao elaborar um desenho experimental ou interpretar dados; no interior de grupos de pesquisa, quando direções alternativas para programas de investigação são consideradas; na comunidade científica mais ampla, a partir das interações entre posições diferentes expostas em conferências ou publicações; e, finalmente, no domínio público, no qual os cientistas de um campo em litígio explicitam suas teorias rivais na mídia (DRIVER; NEWTON; OSBORNE, 2000).

Por outro lado, a argumentação também está presente nas outras esferas da vida social. A natureza social do ser humano envolve necessariamente a atividade argumentativa.

> *É no argumento que nós podemos encontrar a maneira mais significativa na qual o pensamento e o raciocínio figuram na vida de pessoas comuns. Pensamento como argumento está implicado em todas as crenças que as pessoas têm, nos julgamentos que elas fazem e nas conclusões que elas tiram* (KUHN, 1993, p. 322, tradução nossa).

Dessa forma, a argumentação é que ligaria a ciência às outras esferas da sociedade. A prática da argumentação na escola permitiria ao aluno circular por outras esferas da sociedade, dialogar com elas.

É possível representar essa idéia no seguinte esquema:



Há formas de argumentação específica em cada esfera, mas que tomam contornos comuns na zona de fronteira entre o científico e o cotidiano, representada pela parte pintada da esfera da argumentação.

Outros autores também investigam a importância da argumentação no ensino de ciências, ressaltando um ou outro aspecto dessa capacidade intelectual humana. Mercer (1997), por exemplo, acredita que há necessariamente uma relação entre pensamento e comunicação de idéias. Um dos objetivos do ensino seria o desenvolvimento do pensamento crítico pelo indivíduo. Essa forma de pensar só existe embasada em uma *argumentação justificada* e vice-versa. E isto seria uma característica comum a todos os domínios de conhecimento (biologia, direito, física, medicina etc.) que, na escola, são divididos em disciplinas. Por conseqüência, cada domínio do conhecimento teria seu discurso específico. *"Atividade educativa como a ciência envolve o uso prático de maneiras específicas e definidas culturalmente de se usar a linguagem como meio social e de pensamento".* Assim sendo, maneiras de construir conhecimentos na escola estão associadas com práticas específicas de linguagem definidas culturalmente. A linguagem, então, teria dois usos: como ferramenta individual de cognição e como modo social de pensar em sociedades humanas. Esses dois campos, na escola, estariam muito próximos.

Candela (1998) e Jiménez-Aleixandre, Díaz de Bustamante e Duschl (1998a) investigam como a comunicação pode facilitar o aprendizado de ciências pelo aluno. Candela estuda o contexto argumentativo construído e negociado na interatividade entre professor e aluno e na forma como isto contribui na construção de conhecimento/significado dos conteúdos científicos. Jiménez-Aleixandre et al também fazem uma análise do discurso com foco na argumentação justificada.

A partir dos fundamentos teóricos da etnometodologia e da análise conversacional, Candela (1999), em trabalho posterior, estuda os procedimentos discursivos com os quais os sujeitos constroem sua vida social e sua visão de mundo. Ela defende que a análise do discurso da sala de aula é um meio privilegiado para estudar os processos educativos quando se tenta compreender os mecanismos e procedimentos que os participantes utilizam na construção de significados. Dependendo das situações de interação, os indivíduos elaboram versões diversas sobre um conteúdo, que são constantemente comparadas, negociadas, reconstruídas. Nesse processo, as ações discursivas também vão constituindo o lugar que cada participante pode ocupar na trama das relações sociais e sua identidade como subordinado ou

como sujeito com vontade própria. Através do exercício da argumentação em espaço escolar, Candela identifica a existência de descrições e explicações alternativas que mostram a presença de versões próprias dos alunos que se diferenciam das dos docentes. A ação de argumentar mostra a atitude das crianças de defender seus pontos de vista assumindo seu direito de fazê-los valer na escola, contrariando o papel passivo e dependente que habitualmente lhes é concedido. Ela também verifica que há a tendência da construção de consenso como uma tarefa plenamente compartilhada por todos os participantes da interação em aula; mesmo quando o professor deixa em aberto possibilidades interpretativas, os alunos demandam que se estabeleça uma versão de consenso para estabelecer a verdade em aula.

Estudando a argumentação em aulas de ciências com crianças de 8 a 10 anos de idade em atividades de conhecimento físico, Capecchi e Carvalho (2000) afirmam que o espaço para o exercício da argumentação revela-se como uma oportunidade de incentivo à cooperação entre os alunos, para a exposição de suas idéias, incluindo, ao mesmo tempo, o respeito às diferentes explicações e a autoconfiança para posicionamentos contrários aos dos colegas, assim como a elaboração de argumentos complementares por parte dos alunos. Ao identificarem componentes estruturais e lingüísticos nos argumentos, as autoras verificaram a presença, nas falas dos alunos, de muitas afirmações com justificativas, relacionando-as aos dados obtidos, além de elaboração de hipóteses a partir de suas conclusões.

No contexto de ensino de Ciências, essa troca de idéias entre os alunos e a elaboração de explicações coletivas possibilita o contato com um dos aspectos importantes na formação de uma visão da Ciência como uma construção de uma comunidade cujas teorias estão em constante processo de avaliação. Os alunos devem conhecer essa faceta do conhecimento científico, identificando-o como o resultado de interações entre idéias diferentes, como réplica a outros enunciados e também sujeito a novas réplicas. Geralmente, a visão de Ciência que é veiculada na escola é aquela de um conhecimento estático, através da apresentação de teorias acabadas, inquestionáveis. Nesse sentido, a apropriação de uma argumentação cada vez mais complexa é importante não só como uma habilidade lingüística, mas também como instrumento ampliador da visão de Ciência (CAPECCHI; CARVALHO, 2000).

A habilidade de argumentar envolve o reconhecimento de afirmações contraditórias e o estabelecimento de relações entre as afirmações e as evidências. Um artigo clássico, muito inspirador para os pesquisadores da área, que toma o ato de argumentar como central na atividade científica justamente por ela ser socialmente construída, é o intitulado *Estabilishing the norms of scientific argumentation in classrooms*, de Driver, Newton e Osborne que,

apesar de publicado em 2000 na *Science Education*, foi apresentado em 1997 na *ESERA Conference* (Conferência da Associação Européia de Pesquisa em Educação Científica). Nele, os autores defendem que o ensino de ciências deveria proporcionar oportunidades para o desenvolvimento da habilidade argumentativa pelos estudantes, já que isso seria uma forma de induzi-los a representar o mundo na maneira particular dos cientistas utilizando-se das mesmas ferramentas conceituais e procedimentais da cultura científica.

A riqueza da argumentação é que o arcabouço da estrutura do argumento tem formas gerais aplicáveis a diferentes domínios e contextos e, ao mesmo tempo, associados aos conteúdos específicos de cada domínio. A estrutura e os elementos do argumento proposto por Stephen E. Toulmin (1958/2006) constituiu uma ferramenta interessante para a construção e a análise de argumentos em sala de aula utilizada na última década por muitos pesquisadores da educação, inclusive do ensino de ciências. Aprofundaremos mais a discussão sobre esse modelo mais adiante.

Outro aspecto importante discutido pelos autores citados acima, e relevante para este trabalho, é o conceito de enculturação. Alguns autores se apropriaram dessa palavra e consideram que a aprendizagem de ciências é tida como um processo de enculturação – entrada do aprendiz em uma nova cultura, compreendendo e ensaiando o uso de suas práticas, valores e linguagens (CARVALHO, 2008; CAPECCHI, 2004; MORTIMER, 2000). Nessa concepção, apropriar-se da linguagem científica, que é uma forma particular de falar e ver o mundo, é fundamental quando a ciência é tratada como uma espécie de cultura. Para os sujeitos aprenderem a utilizar a cultura científica em determinados contextos, é necessário que experimentem a linguagem deste domínio específico. A argumentação é considerada um dos gêneros mais característicos da prática científica, portanto, esta assume um papel fundamental na aprendizagem de ciências na escola, tanto do ponto de vista conceitual – a partir do domínio do conteúdo e linguagem científicos, quanto do ponto de vista epistemológico – compreendendo a construção histórica e social deste conhecimento.

> *Esse processo de enculturação na ciência é muito similar com o aprendizado de uma língua estrangeira – através do uso. Estudantes precisam de oportunidades não somente para ouvir explicações dadas pelos especialistas (professores, livros, filmes, programas de computador), mas eles também precisam praticar para ganhar confiança no seu uso e por meio desse processo desenvolver familiaridade com e adquirir a compreensão das práticas científicas e de suas maneiras de pensar* (DRIVER; NEWTON; OSBORNE, 2000, p. 298).

Nesse momento do percurso de minha formação como pesquisadora, eu tinha duas opções: ou começava a utilizar esse conceito que inicialmente achei muito interessante e profícuo, já que ampliava a tradicional idéia de alfabetização científica, ou me apropriava dele, tentando construir um embasamento teórico que me autorizasse a utilizá-lo nas minhas questões de investigação. Suspeitando da polissemia envolvida na idéia de cultura e de enculturação, conceitos emprestados de outras áreas de conhecimento, senti a necessidade de me aprofundar nas suas possíveis definições e concepções antes de me apropriar de seus significados utilizando-o numa pesquisa sobre o ensino de ciências. A construção de meus óculos teóricos passa pelo aprofundamento das concepções de cultura, práticas culturais, linguagem e argumentação, o que será desenvolvido no próximo capítulo.

1. CONSIDERAÇÕES SOBRE CULTURA, PRÁTICAS CULTURAIS E LINGUAGEM

> *Não basta que seja* [uma palavra] *muito usada para que a consideremos respeitável. Pelo contrário, seu profuso emprego favorece que lhe sejam atribuídos significados discordantes* (CANCLINI, 2008, p. xix).

Por que falar em cultura científica e escolar? O que permite associar a ciência ou a escola com uma palavra tão polissêmica que ao querer guardar tanta coisa em apenas sete letras corre o risco de não dizer nada? Deparamo-nos, então, com a *palavra armadilha* "cultura". Para Morin (2003, p.75), a noção de cultura é obscura, incerta e múltipla tanto nas ciências quanto no vocabulário corrente.

> *Cultura: falsa evidência, palavra que parece uma, estável, firme, e no entanto é a palavra armadilha, vazia, sonífera, minada, dúbia, traiçoeira. Palavra mito que tem a pretensão de conter em si a completa salvação: verdade, sabedoria, bem-viver, liberdade, criatividade...*

Geertz (1989) já apontava, em 1973, para o pantanal conceitual em que os antropólogos estavam imersos. Cultura poderia significar o modo de vida de um povo, um comportamento, um pensamento, uma teoria ou um precipitado de história com todas as suas variações. Mas antes de discutir a definição proposta por ele e as tensões inerentes ao conceito de cultura vamos ao início.

Apesar de Confúcio ter afirmado, quatro séculos antes de Cristo, que *"A natureza dos homens é a mesma, são os seus hábitos que os mantêm separados"*, o dilema natureza *versus* cultura, dado *versus* criado, inato *versus* adquirido, permanece; ou seja, ainda é polêmica a questão de como conciliar a unidade biológica e a grande diversidade cultural da espécie humana. Pensar esse dilema é importante no contexto das pesquisas em educação, pois daí decorrem questões corolárias: no desenvolvimento do indivíduo, como o meio cultural contribui para a aprendizagem? Qual o papel da cultura escolar e da cultura científica nesse desenvolvimento?

É consenso atualmente na antropologia que as diferenças entre os homens não podem ser explicadas em termos de um determinismo biológico ou de um determinismo geográfico. Isso significa que não se admite a idéia de que as diferenças genéticas condicionam diretamente as diferenças culturais, assim como, que exista uma influência ativa da ação mecânica das forças naturais nas características de uma sociedade. O ser humano se distingue

dos outros seres vivos, justamente, por sua capacidade de um olhar distanciado da natureza que, por outro lado, lhe é tão própria.

Apesar do conceito de cultura vir tomando forma desde o Iluminismo, com a idéia de "tábula rasa", na qual o homem nasce com a mente em branco que vai sendo preenchida a partir do aprendizado e do contato social, quem define pela primeira vez o conceito de cultura, sintetizando a idéia do *kultur* alemão (aspectos espirituais de uma comunidade) e da *civilization* francesa (realizações materiais de um povo) é Edward Tylor em 1871:

> *[...] tomado em seu amplo sentido etnográfico é este todo complexo que inclui conhecimentos, crenças, arte, moral, leis, costumes ou qualquer outra capacidade ou hábitos adquiridos pelo homem como membro de uma sociedade* (TYLOR, 1871[6] apud LARAIA, 2006, p. 25).

Com essa afirmação, o abismo entre o natural e o cultural se torna cada vez mais largo e a tendência das ciências sociais dos séculos XIX e XX foi postular a supremacia do cultural em detrimento do orgânico. Afinal de contas, o ser humano conquistou os ares e os mares, superando suas limitações biológicas e, conseqüentemente, libertando-se da natureza.

Eagleton (2005) nos aponta que, apesar dessa acepção comum que considera a natureza como um derivado da cultura, etimologicamente, cultura é um conceito derivado do de natureza. A raiz latina da palavra "cultura" é *colere* que pode significar cultivar, relacionando-se, originalmente, com "cultivo agrícola", "lavoura".

Começando como nome de um processo, de uma atividade, por extensão, cultura passou a designar cultivo ativo da mente humana. Nesse sentido, Williams (2000, p. 11), distingue

> *[...] uma gama de significados desde (i)* um estado mental desenvolvido – *como em 'pessoa de cultura', 'pessoa culta', passando por (ii)* os processos desse desenvolvimento – *como em 'interesses culturais', 'atividades culturais', até (iii)* os meios desses processos – *como em cultura considerada como 'as artes' e 'o trabalho intelectual do homem'.*

De fato, no uso mais amplo da palavra cultura, ela é identificada com o "espírito formador do homem" que informa o "modo de vida global" de determinado povo e que se manifesta por todo o âmbito de atividades sociais. E, nesse processo, por meio dessas atividades, a cultura transforma a natureza da qual usufrui e retira matéria-prima para o seu

[6] TYLOR, E. *Primitive Culture*. Londres: John Mursay & Co., 1871.

funcionamento. Assim, a relação entre natureza e cultura é tensa e dialética: *"se a cultura transfigura a natureza, esse é um projeto para o qual a natureza coloca limites rigorosos"* (EAGLETON, 2005, p. 14).

Outra tensão marcada historicamente, e também apontada por Eagleton, foi a relação entre cultura e civilização. Até a industrialização, cultura e civilização eram utilizadas como sinônimos e implicavam conduta polida e comportamento ético, reflexo de um refinamento intelectual e moral, abrangendo as esferas públicas e privadas. No entanto, esses conceitos começaram a parecer contraditórios na medida em que, com o desenvolvimento do capitalismo e da industrialização, nem sempre melhoria e progresso podiam ser identificados com uma solenidade espiritual, crítica e de altos princípios. Não era mais possível considerar uma sociedade fragmentada, elitista, materialista, utilitária e predatória, como digna de adjetivos tais como culta, refinada, sensível. A mesma civilização que produzia progresso nas tecnologias ou nas artes era a mesma que gerava poluição e desigualdade econômica. Cultura emerge, então, como um termo valorativo, forçada a uma posição de avaliação efetiva dessa civilização.

Da crítica, em primeiro lugar ao universalismo iluminista e, em segundo lugar, ao capitalismo, cultura assume a idéia moderna de modo de vida característico, particular. A separação entre civilização e cultura permite a noção de pluralidade cultural. Assim, cada sociedade possui a sua cultura e essa existência por si só representa um valor positivo.

Williams (2000) destaca três dimensões de cultura, de acordo com a convergência de interesses. Uma dimensão idealista, cuja ênfase é no espírito formador de um modo de vida global, manifesto pelas atividades sociais, principalmente aquelas relacionadas com as artes e intelectualidade Uma dimensão materialista, que toma a cultura como produto de outras atividades sociais. E uma terceira, relacionada com a idéia de pluralidade cultural, que enfatiza as práticas culturais e a produção cultural como elementos importantes na constituição da ordem social, encarando a *"cultura como sistemas de significações mediante o qual essa dada ordem é comunicada, reproduzida, vivenciada e estudada"* (p. 13). Dessa forma, três objetos de estudo configuram a metodologia de análise da cultura: os produtos, os conteúdos e os efeitos das instituições da cultura.

> *O que o sociólogo cultural ou o historiador cultural estudam são as práticas sociais e as relações culturais que produzem não "uma cultura" ou "uma ideologia" mas, coisa muito mais significativa, aqueles modos de ser e aquelas obras dinâmicas e concretas em cujo interior não há apenas*

> *continuidades e determinações constantes, mas também tensões, conflitos, resoluções e irresoluções, inovações e mudanças reais* (p. 29).

Segundo ele, as normas se formulam nas práticas e essas, por sua vez, são reformuladas e re-articuladas de acordo com as normas.

Thompson (1981) afirma que a vida social encontra realização e expressão por meio de regras visíveis e invisíveis, costumes, leis, instituições e ideologias. Em outras palavras, é através da vida material que a experiência é gerada e a consciência social é estruturada.

> *Os valores não são 'pensados', nem 'chamados'; são vividos, e surgem dentro do mesmo vínculo com a vida material e as relações materiais em que surgem as nossas idéias. São as normas, regras, expectativas, etc. necessárias e aprendidas (e 'aprendidas' no sentimento) no 'habitus' de viver; e aprendidas, em primeiro lugar, na família, no trabalho e na comunidade imediata. Sem esse aprendizado, a vida social não poderia ser mantida e toda produção cessaria.* (p. 194).

Apesar dessa afirmação parecer um tanto determinista, o autor chama a atenção para o fato de que os valores também se estabelecem em uma relação dialética entre o material e o ideológico. Há tensões e contradições entre visões de mundo alternativas, no entanto, não se pode deixar de enfatizar a importância das ações e práticas na constituição dos sujeitos e, conseqüentemente, da cultura.

Conclui-se, então, que a cultura é construída pelas práticas sociais. Portanto, não é profícuo se remeter a uma cultura ou à oposição entre cultura erudita ou popular. Certeau (1995) defende que a substituição de uma concepção de *"cultura no singular"*, que *"impõe sempre a lei de um poder"*, por uma outra concepção de *"cultura no plural"*, centrada no combate e nas tensões sociais, é mais adequada para entender a sociedade. Essa última abordagem torna-se possível por meio da investigação de práticas sociais.

O risco dessa abordagem é desembocar no relativismo cultural. *"Cultura, em resumo, são os outros",* ironiza Eagleton (2005, p. 43); a minha forma de vida é simplesmente mais uma forma dentre tanta outras; os outros é que são culturalmente peculiares e idiossincráticos. No relativismo cultural há também a tendência de se valorizar de maneira positiva a simples existência da pluralidade de tais formas de vida. No entanto, esse ponto de vista é ambíguo na sua essência, pois ao se declarar como crítica, a uma sociedade totalitária privilegia um posicionamento no qual tudo é válido e, conseqüentemente, a cultura é igualmente uma crítica das posições que se opõem a essa sociedade. Em outras palavras, há uma recusa do

partidarismo ao ser partidária com a pluralidade. Como uma pessoa pode tomar uma posição veemente contra o racismo ou contra o trabalho infantil, se todas as posições são válidas? Dessa forma, com o relativismo cultural, se despolitiza a cultura, ela se torna mais contemplativa e menos engajada.

Além disso, pluralizar o conceito de cultura não é facilmente compatível com a manutenção de seu caráter positivo. Sem dúvida, todos concordam no valor intrínseco de culturas indígenas ou quilombolas, mas, o consenso é mais difícil de ser atingido se alguma dessas culturas tiver como ritual atos considerados violentos (para quem?), como algumas nações africanas que têm como hábito cortar o clitóris das mulheres.

Como resolver essas tensões e contradições entre os conceitos de cultura total e cultura plural? Entre fato e valor? O próprio Eagleton nos dá uma pista quando se refere à cultura como *auto*cultura, ou seja, como auto-superação, auto-regulação da natureza humana pelo Estado, por meio da educação.

> *Cultivo, entretanto, pode não ser apenas algo que fazemos a nós mesmos. Também pode ser algo feito a nós, em especial pelo Estado. (...) A cultura é uma espécie de pedagogia ética que nos torna aptos para a cidadania política ao liberar o eu ideal ou coletivo escondido dentro de cada um de nós, um eu que encontra sua representação suprema no âmbito universal do Estado. (...) O Estado encarna a cultura, a qual, por sua vez, corporifica nossa humanidade comum* (EAGLETON, 2005, p. 16-17).

Apesar de essa posição revelar uma super valorização do poder do Estado, é importante por evidenciar a existência de mecanismos de avaliação e regulação na sociedade que possibilitam construir noções do que é certo ou errado, do que é permitido ou não, do que é válido ou não naquela cultura compartilhada por determinado grupo. Rituais, mitos, leis e normas são exemplos desses mecanismos, que podem ser transmitidos por meio de diversas instituições, como a família, a religião, o trabalho e a escola. Há uma racionalidade nos atos da experiência e da cultura, a tradição legitima as ações, os valores, as crenças, as significações.

A cultura é, então, constituída nessa relação dialética entre regulação, por um lado, e crescimento espontâneo, de outro. É na experiência e na prática que as consciências são modeladas, ao mesmo tempo em que são reguladas pelo já-dito, pelo já-posto, que, por sua vez, são reformulados na prática. Isso torna a cultura dinâmica e possibilita as transformações, não sem conflitos, sem tensões, sem lutas pelo espaço de poder.

1.1. CULTURA E LINGUAGEM

Como ter acesso ao mundo, como ter acesso à cultura senão pela linguagem? Sem dúvida, a linguagem é o aspecto mais marcante da cultura. As palavras representam as coisas, e mais do que isso, além da função de nomeação ou designação, é por meio das palavras que significados são produzidos em condições específicas e intencionais, criando relações de saber e poder e construindo subjetividade. É a partir da comunicação que a experiência humana se manifesta e se constitui; portanto, no nível individual não há pensamento sem linguagem e no âmbito coletivo não há cultura sem linguagem.

Geertz (1973/1989) revoluciona o conceito de cultura nos anos 70 defendendo sua abordagem semiótica e esgarçando a oposição "behaviorista" – que enxerga a cultura como uma conduta padronizada – *versus* "idealista" – cultura como estado da mente. Investigar uma cultura com sucesso é conseguir nos situarmos nela, é conseguir conversarmos com o outro (e não nos tornarmos "ele" ou "como ele"). É ter acesso aos valores, linguagens, símbolos, artefatos no fluxo da ação social na qual ganham significado. E os significados não estão acabados nem são imutáveis, não têm fronteiras fixas e delimitadas, mas são forjados e transformados nas práticas sociais por sujeitos que trocam atos de fala e, portanto, agem linguisticamente no mundo.

De um lado, se só é possível apreender a cultura pela linguagem; de outro, a linguagem molda a experiência e transforma a cultura.

> *A linguagem não é o espelho do mundo, mas nos oferece acesso ao mundo. Com isso, ela sempre orienta o nosso olhar sobre o mundo de uma maneira determinada. Nela se encontra inscrito algo como uma visão de mundo.* (HABERMAS, 2005[7] apud SILVA, 2008, p. 8).

Essa perspectiva insere-se na chamada *virada lingüística*: a partir do final do século XIX, a linguagem torna-se foco de análise do pensamento filosófico contemporâneo. No lugar do puro pensamento e das idéias do racionalismo e do empirismo, que marcaram o desenvolvimento das ciências naturais e que tem como pano de fundo a noção de que a linguagem reflete o pensamento (assim como o papel da ciência seria o de descortinar o mundo), a relação entre linguagem e realidade, entre as palavras e as coisas, a construção de significados e de discursos passa a ser preocupação de lingüistas e filósofos que buscam

[7] HABERMAS, J. *Zwischen Naturalismus und Religion. Philosophische Aufsätze*. Frankfurt am Main: Suhrkamp, 2005.

entender tanto a maneira pela qual o pensamento é organizado quanto o funcionamento de formações sociais. Antes desse período, as produções da arte e do saber eram consideradas como representações fiéis de uma realidade preexistente, os signos eram confiáveis e a linguagem, verídica e em pleno acordo com o mundo (ARAÚJO, 2004).

O questionamento dos limites de nosso poder de conhecer, das concepções clássicas da razão e do positivismo, aflora em todas as esferas da cultura ocidental e está nas origens da modernidade. Na música, a harmonia não mais é uma camisa de força e surge a música serial ou dodecafônica. Na pintura, o simbolismo e o impressionismo permitem a reconstrução mental do mundo sensível. A noção de tempo e espaço absolutos é destruída pela relatividade de Einstein, e a mecânica quântica torna o átomo divisível e explicita a incerteza na maneira de experimentar e observar fenômenos naturais. A biologia passa a privilegiar uma abordagem funcional e histórica do ser vivo e as idéias de Darwin separam definitivamente a ciência da religião, trazendo uma visão de mundo na qual a transformação é a tônica. Freud aponta a importância da linguagem e do simbólico na constituição do sujeito e no papel do inconsciente nesse processo (DELACAMPAGNE, 1997).

Junto com essa mudança de enfoque, têm início as ciências da linguagem, que se caracterizam pelo estudo do funcionamento interno da língua e seu papel na sociedade. Inicialmente, o estruturalismo do lingüista suíço Ferdinand de Saussure (1857-1913) caracteriza a linguagem em suas dimensões de signo: união entre um significado (conceito) e um significante (imagem acústica). Para ele, não é possível estabelecer idéias ou pensamento sem signos e estes só adquirem valor pelo uso. No entanto, não há ligação obrigatória entre o signo e o objeto da realidade, os signos não referem, falar significa apenas nomear, só fazem sentido na sua relação com outros signos e não com a realidade.

A semiótica do americano Charles S. Pierce (1839-1914) amplia a análise estruturalista exclusiva dos signos verbais, focando na ação humana no mundo que, em si mesma, constitui a realidade por meio da linguagem – o que conduz a linguagem ao patamar da pragmática. Além do falante e do receptor de Saussure, Pierce, estabelece a tríade signo, seu objeto e seu interpretante. Portanto, há intersubjetividade e interpretação na atividade lingüística: uma pessoa entende-se com outra sobre alguma coisa no mundo.

Paralelamente ao desenvolvimento da lingüística moderna, os matemáticos se preocupam em formular os princípios da matemática em uma linguagem precisa e rigorosa que fundamente essa disciplina em regras puramente lógicas. O método formal da lógica do século XIX e XX pretende eliminar as ambigüidades semânticas inerentes aos silogismos

tradicionais, possibilitando a resolução de problemas filosóficos por meio da técnica lógica. Na lógica, a linguagem que diz os fatos do mundo é traduzida em uma notação matemática. Assim, é na própria estrutura da linguagem que se mostra a estrutura do mundo (DELACAMPAGNE, 1997).

São representantes da lógica na filosofia da linguagem, principalmente, Frege (que propôs uma reformulação da matemática em um sistema de signos convencionais no qual a aplicação mecânica de regras precisas permite encadear uma a outra etapas sucessivas de um raciocínio dedutivo até sua conclusão), Russel (cria hierarquia lógica mediante regras sintáticas apropriadas para evitar paradoxos da linguagem) e Wittgenstein em sua primeira fase, do *Tractatus Logico-Philosophicus* (publicado originalmente em 1921).

A tarefa empreendida pelo primeiro Wittgenstein tem por finalidade alcançar os fundamentos para a linguagem, ou seja, explicar como a linguagem é possível. Para ele a linguagem não pode dizer algo da própria linguagem. Ela se mostra ao dizer algo sobre algum objeto. As proposições têm que ter um sentido e este pode ser verdadeiro ou falso, de acordo com sua correspondência com o mundo. Há uma essência comum entre linguagem e mundo, entre proposição e fato; seu papel é descrever ou figurar a realidade.

No entanto, a partir dos anos 30, o foco deixa de ser a relação direta entre sentença e estado de coisa, como se houvesse um paralelismo linguagem/mundo que acabou por estabelecer uma distância entre as regras lógicas e semânticas por um lado e a linguagem ordinária de outro. O Wittgenstein das *Investigações filosóficas* (escrito de 1945 a 1949 e publicado postumamente em 1953) passa a considerar a proposição numa situação comunicativa concreta. Não há mais uma realidade objetiva a ser desvelada, há situações vividas nas quais a comunicação é realizada por meio de "jogos de linguagem", com regras que estabelecem o uso das palavras de acordo com o contexto. Só se pode acessar o significado das palavras quando se conhece seu uso. E é por meio da experiência que os indivíduos sabem que jogo de linguagem usar em cada situação. Inaugura-se a *virada pragmática*: de falar acerca do mundo, a função da linguagem passa a ser agir com a fala no mundo, pois ela é ação, atividade, comportamento, forma de vida (ARAÚJO, 2004, p.100).

É interessante constatar, como faz Bronckart (2003), como essa linha de pensamento que considera as ações humanas em suas dimensões sociais e discursivas constitutivas marca as obras de muitos pensadores do século XX, tanto daqueles cujo enfoque é mais psicológico (Piaget e Vygotsky), como daqueles preocupados com uma análise antropológica ou sociológica dos funcionamentos sociais (Morin, Durkhein, Bourdieu) ou sociofilososóficas

(Habermas e Ricoeur) e também daqueles que buscam uma análise semiótica da sociedade (Foucault, Bakhtin, Wittgenstein e Saussure).

Nessa concepção, o ser humano é um ser que age, e age sobre o mundo; portanto, o consenso entre os indivíduos deve se dar a partir de algo no mundo pela linguagem. Segundo Habermas (2004, p. 244):

> *Na práxis cotidiana não podemos usar a linguagem sem agir. A própria fala se realiza no modo de atos de fala que, por sua vez, estão engastados em contextos de interação e entrelaçados com ações instrumentais. Como atores, isto é, como sujeitos interagentes e interventores, já estamos em contato com as coisas sobre as quais podemos fazer enunciados. Os jogos de linguagem e as práticas estão entretecidos uns com os outros. Em algum momento temos de abandonar a esfera das proposições (e textos) e recorrer ao acordo na ação e na experiência.*

A linguagem, para Habermas (2004), então, teria duas funções: uma função representativa, quando o falante deseja comunicar algo com o objetivo que o ouvinte compartilhe suas concepções e opiniões, e isso só é possível quando o destinatário aceita como verdadeira a asserção; e uma função comunicativa, compreendemos uma proposição quando sabemos qual é o caso em que ela é verdadeira. Para isso, o interlocutor deve reconhecer as condições que permitem interpretar se uma proposição é verdadeira ou falsa. E para uma proposição ser considerada verdadeira, ela precisa ser justificada racionalmente. Isso significa que só podemos compreender uma afirmação em relação às condições de seu emprego em enunciações racionalmente aceitáveis. A objetividade do conhecimento não provém de uma certeza privada de um sujeito, mas da prática pública da justificação, encarnada na práxis da argumentação.

Decorre daí o conceito de agir comunicativo a partir da ação comunicativa, em contraposição ao agir estratégico. No agir comunicativo, os envolvidos entram num acordo pois aceitam as pretensões de validade daquele enunciado pelas mesmas razões. Essa pretensão de validade está diretamente relacionada aos fatos do mundo. Uma proposição pode estar bem fundamentada segundo mecanismos argumentativos racionais e mesmo assim ser falsa ao não obter sucesso em relação aos resultados práticos da experiência. A referência dada pelo mundo objetivo pode problematizar pretensões de validade no nível discursivo que devem ser retraduzidas em verdades que orientam a ação. Por meio da ação comunicativa, as verdades são compartilhadas por indivíduos que se reúnem em grupos com fronteiras identificáveis formando comunidades comunicacionais.

Já no agir estratégico, o ato de fala está orientado para o êxito, para a intervenção eficaz no mundo empírico. Não gera o acordo ou entendimento mútuo, a força argumentativa e consensual da linguagem não é utilizada, não são aduzidas razões, vale a influência dos atores uns sobre os outros.

Habermas (1987[8] apud BRONCKART, 2003) sugere que três tipos de mundos podem ser distinguidos: o mundo objetivo, o mundo social e o mundo subjetivo. O primeiro se refere aos aspectos do mundo físico, onde o sucesso das atividades envolvidas depende de representações pertinentes dos parâmetros do ambiente. O segundo se refere aos signos envolvidos na organização da atividade, nas modalidades convencionais de cooperação interindividual. O terceiro se refere aos conhecimentos coletivos acumulados sobre as características particulares de cada um dos indivíduos envolvidos em uma atividade, como, por exemplo, habilidade ou coragem.

Assim, os atos de fala têm um conteúdo proposicional (que se refere ao mundo objetivo), um conteúdo normativo (que leva à interação interpessoal – mundo social) e um conteúdo pessoal e expressivo (mundo subjetivo). Como os conhecimentos derivados de cada um desses mundos representados surgem a partir de uma atividade, eles são construções sociais e como uma atividade só se organiza a partir da cooperação e negociação entre indivíduos, o mundo social regula as modalidades de acesso desses aos objetos do meio, condicionando dessa forma a estruturação do mundo objetivo e subjetivo, por meio da ação comunicativa.

Deduz-se daí que os valores, interesses e formas de organização compartilhados por um determinado grupo surgem e se definem a partir de uma linguagem e contexto social específicos. Existem diversas línguas em nosso planeta que foram geradas por meio de negociações e representações particulares, logo, cada língua tem sua semântica própria. Segundo Bronckart (2003, p. 36) *"[...] é, sem dúvida, dessa diversidade de semantizações dos mundos representados que se origina uma parte importante das variações entre culturas humanas"*. Ao mesmo tempo, no interior de uma mesma língua, há subgrupos com objetivos particulares, cujos traços também são impressos na língua. Esta, portanto, guarda as contradições sociais, sendo dialógica por natureza.

Do ponto de vista sociolingüístico, Bakhtin (1934-1935/1998, p. 154) observa que, muitas vezes, numa mesma comunidade, diferentes *linguagens sociais* disputam espaço dentro dos enunciados dos falantes. Ele chama de *linguagem social*

[8] HABERMAS, J. *Théorie de l'agir communicationnel*, t. I et II., Paris, Fayard, 1987.

> *[...] não o conjunto dos signos lingüísticos que determinam a valorização dialética e a singularização da linguagem, mas precisamente uma entidade concreta e viva dos signos, sua singularização social, a qual pode se realizar também nos quadros de uma linguagem lingüisticamente única, determinando-se pelas transformações semânticas e pelas seleções lexicológicas.*

Ou seja, trata-se de um discurso específico, próprio de um determinado estrato social, que pode estar vinculado à classe, à idade ou à profissão dos falantes, mas sempre localizado no espaço e no tempo. Quando, dentro de um mesmo enunciado, ocorre uma mistura de linguagens sociais, Bakhtin diz que houve "*o reencontro, na arena deste enunciado, de duas consciências lingüísticas, separadas por uma época, por uma diferença social (ou ambas) das línguas*", o que ele chama de *hibridização*. Esta pode ser involuntária, inconsciente, provocando transformações na língua, não apenas do ponto de vista formal, mas também nas formas de ver o mundo, nas "*novas formas interiores de uma consciência verbal do mundo*" (BAKHTIN 1934-1935/1998, p. 158). Através da *hibridização*, ampliam-se e transformam-se as formas de ver e compreender o mundo.

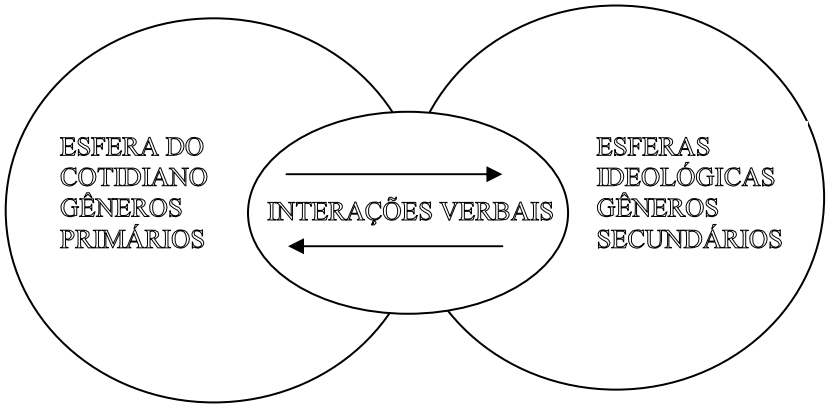
Ao longo da obra do Círculo de Bakhtin, é desenvolvido o conceito de *esfera de comunicação discursiva* para compreender os níveis de coerções que constituem as produções ideológicas. *"Cada campo dispõe de sua própria função no conjunto da vida social"* (BAKHTIN, 1929/1986, p. 33) e seus produtos ideológicos não são nem cópia do real nem criação, mas modos específicos de refração da realidade social, segundo a sua lógica interna.

As linguagens sociais, portanto, emergem e são características e constitutivas das esferas/campo (ciência, religião, literatura, educação etc.). Apesar de cada uma dessas formas sociais conservarem seu caráter idiossincrático, suas raízes compartilham uma infra-estrutura com outras formas. É na *interação verbal* entre indivíduos socialmente organizados que se materializam a articulação entre os fatores internos e externos à esfera. Os fatores externos são referentes aos acontecimentos circunscritos na ideologia do cotidiano – ligada tanto à palavra interior, às atividades mentais e pensamento, como também associada com discursos cotidianos (ordem, pedido, conversas de salão etc.). Ao mesmo tempo em que a ideologia do cotidiano interfere nas outras esferas, sofre influência delas (GRILLO, 2005).

A interação verbal é dialógica por natureza, já que manifesta as condições sócio-históricas em que enunciados são produzidos. Bakhtin (1979/1985) prevê que tipos de enunciados se tornam relativamente estáveis em uma determinada esfera – os chamados

gêneros de discurso. Devido à complexidade das esferas da atividade humana, há uma grande diversidade de gêneros. No entanto, distingue dois grandes grupos: os gêneros primários – aqueles que acontecem na esfera do cotidiano, tomando forma nos diálogos concretos da comunicação imediata e privada; e os gêneros secundários – mais complexos, surgindo em condições de comunicação cultural mais organizada e pública. Textos produzidos na literatura, na ciência, na arte, no jornalismo etc. pertencem a gêneros secundários. Ambos os tipos não são estáticos e interagem um com o outro historicamente; quando isso ocorre, as esferas se modificam e se complementam.

Para visualizar melhor as relações entre esses conceitos, podemos representá-las no seguinte esquema:



As flechas sinalizam os sentidos das transformações que cada uma das esferas pode sofrer por meio das interações verbais.

De acordo com o que foi exposto até aqui, é possível realizar uma aproximação entre os conceitos de cultura e de esfera. Mesmo considerando que cada um deles surge em condições de produção específicas – a partir da análise de certos objetos e como parte de uma potente malha conceitual – é possível encontrar pontos de congruência entre eles, como a noção de que existem formas sociais delimitadas por suas práticas e linguagens, formas essas que são dinâmicas, interagem entre si e se transformam. A opção feita, aqui, de aproximar esferas tão diversas – a escolar e a científica – e propor sua hibridação, se justifica na medida em que sua articulação complementar possa dar conta de um conjunto de fenômenos sociais tão complexos quanto aqueles envolvidos nas relações entre cultura científica e cultura escolar, objetos dessa investigação.

1.2. A INTERSECÇÃO ENTRE DIFERENTES CULTURAS: UMA APROXIMAÇÃO AOS CONCEITOS DE ACULTURAÇÃO, ENCULTURAÇÃO E HIBRIDAÇÃO

É possível ampliar esse dinamismo da língua para as práticas culturais. No interior de um sistema cultural, além do jogo de forças que envolvem a superestrutura, a infra-estrutura e a relação entre elas que se dá na experiência, a cultura também é transformada pelo contato entre diferentes sistemas culturais. O pluralismo cultural supõe a multiplicação de distintas identidades, todas elas em contato entre si: *"todas as culturas estão envolvidas umas com as outras; nenhuma é isolada e pura, todas são híbridas, heterogêneas, extraordinariamente diferenciadas e não monolíticas"* (SAID, 1993[9] apud EAGLETON, 2005, p. 28-29).

Explicar essas formas de contato entre culturas e o que acontece com elas nessa intersecção foi, de longa data, objeto de estudo da Antropologia e da Sociologia. O conceito de *aculturação* é primeiramente identificado, em 1880, nos trabalhos do antropólogo americano J. W. Powell, para descrever as transformações sofridas pelas populações indígenas colonizadas. De acordo com Cuche (2002), o prefixo "a" não significa privação, mas deriva etimologicamente do latim *ad* e indica um movimento de aproximação. É somente em 1936, no *Memorando para o Estudo da Aculturação,* que Redfield, Linton e Herskovitz definem o termo:

> *A aculturação é o conjunto de fenômenos que resultam de um contato contínuo e direto entre grupos de indivíduos de culturas diferentes e que provocam mudanças nos modelos (*patterns*) culturais iniciais de um ou dos dois grupos* (p. 115).

No período entre as duas guerras mundiais, o interesse no conceito de aculturação cresce como instrumento teórico para explicar o colonialismo europeu na África e Ásia. Nesse contexto, passou a incorporar uma relação de assimetria, a qual uma cultura mais "fraca", "inferior" é necessariamente subjugada por uma cultura mais "forte", "superior" (GALLINO, 2005).

Apesar de ser costumeiramente utilizado por antropólogos anglo-saxões como sinônimo de "contato entre culturas" ou como transmissão cultural de uma geração a outra (nesse caso, é sinônimo de *socialização* ou *inculturação*[10]), a herança negativa do termo gerou

[9] SAID, E. *Culture and imperialism*. Londres: Chatto & Windus, 1993.
[10] O texto original é escrito em italiano. Levantamos a hipótese de que o termo inculturação possa significar enculturação. Essas palavras não existem originalmente em português, criando um problema de tradução.

críticas ao seu uso (GALLINO, 2005). Eunice Durham (2004) critica o conceito de aculturação pois, para explicar a transformação que ocorre em grupos sociais que entram em contato por conta da expansão do capitalismo e do colonialismo, pressupõe que um dos grupos seja incorporado cultural e socialmente de maneira passiva pelo outro não dando conta da complexidade envolvida nessas dinâmicas. Além disso, esse conceito é meramente descritivo, não levando em consideração as explicações causais e funcionais sobre a integração cultural de povos diferenciados.

Atualmente, a palavra é mais elástica em sua significação, podendo se referir a processos de mão dupla, com interferência e transformação mútua entre as culturas, recuperando seu significado mais original.

De fato, no clássico *Antropologia Cultural* de Keesing (1961, p. 585)

> *[...] a aculturação é um processo altamente seletivo no qual o grupo exposto ao contato cultural mantém sua identidade social e, até certo ponto, sua característica e integridade culturais, ao mesmo tempo que assimila mutuamente certos elementos.*

O processo de transferência de apenas alguns elementos culturais de um contexto de cultura para outro é chamado de *difusão*.

Com isso, a antropologia pretende se distanciar dessas acepções, negativas ou positivas, de aculturação. Esse processo deixa de ser entendido como uma pura e simples conversão a uma outra cultura e passa a ser empregado para designar transformações na cultura inicial a partir de movimentos de seleção e resistência, cujo resultado é bastante complexo. Nesses fenômenos de mudanças culturais, os pesquisadores identificaram que os elementos não simbólicos (técnicos e materiais) de uma cultura são mais facilmente transferíveis que os elementos simbólicos (religiosos, ideológicos etc.) (CUCHE, 2002).

Um outro conceito derivado de aculturação é *endoculturação* que se refere ao processo interno de aprender a própria cultura (tanto em Gallino (2005) como em Fairchild (1949), dois dicionários de sociologia, aculturação também pode ter esse significado). Encontramos esse conceito em Laraia (2006, p. 19-20):

> *O comportamento dos indivíduos depende de um aprendizado, de um processo que chamamos de endoculturação. Um menino e uma menina agem diferentemente não em função de seus hormônios, mas em decorrência de uma educação diferenciada.*

Os sociólogos preferem o termo *socialização* (LARAIA, informação pessoal[11]). Por socialização, entende-se

> *o processo de integração de um indivíduo a uma dada sociedade ou a um grupo particular pela interiorização dos modos de pensar, de sentir e de agir, ou seja , dos modelos culturais próprios a esta sociedade ou a este grupo* (CUCHE, 2002, p. 102).

Portanto, *endoculturação*, *socialização* e *aprendizado* seriam conceitos com significado muito semelhante utilizados por áreas e correntes de pensamento distintas.

Foi muito mais difícil encontrar definições para o conceito de *enculturação*. Em diversos dicionários de sociologia consultados, não houve referência à palavra. De acordo com o Roque de Barros Laraia[12] (Professor Emérito da Universidade de Brasília), enculturação não é usado por antropólogos com freqüência, mas por missionários numa tentativa de se tornar o outro (quase como uma encarnação). Ao buscar esse conceito na ferramenta de busca da internet *Google books*[13] (que procura palavras em livros com trechos acessíveis na rede), dos dez livros indicados na primeira página, metade deles tratavam da religião e de sua incorporação pelos cidadãos. A outra metade, tratava enculturação como sinônimo de endoculturação ou aprendizado.

No *Dedalus*[14] (Banco de dados bibliográficos da USP), a busca pela palavra aculturação encontrou 145 registros (a maior parte na Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da USP), enquanto que enculturação só apareceu em seis registros, todos eles da área de Ensino de Ciências.

Foram consultados, ainda, dois etnobiólogos. Para Eraldo Medeiros Costa Neto[15] (Professor da Universidade Estadual de Feira de Santana) não há diferença entre os termos aculturação e enculturação, enquanto que Nivaldo Nordi[16] (Professor da Universidade Federal de São Carlos) afirma que à luz dos conceitos vigentes e das utilizações mais usuais do termo é acertada a opção por usar aculturação quando se trata de influências externas a uma dada cultura e enculturação, quando há o desenvolvimento cultural no contexto da própria cultura.

---

[11] LARAIA, R.de B. *Res: pedido de referência,* mensagem eletrônica recebida por dlscarpa@usp.br em 17/10/2008.
[12] Ibidem.
[13] http://books.google.com.br/ acessado em 13 de janeiro de 2009.
[14] http://dedalus.usp.br:4500/ALEPH/por/USP/USP/DEDALUS/START acessado em 13 de janeiro de 2009.
[15] NETO, E.M.C. *Re: urgente,* mensagem eletrônica recebida por dani.scarpa@uol.com.br em 12/01/2009.
[16] NORDI, N. *Re: consulta sobre enculturação*, mensagem eletrônica recebida por dlscarpa@usp.br em 14/01/2009.

Por exemplo, o indivíduo jovem aprende, com o passar do tempo, sobre a cultura de seu povo ou grupo por imitação dos adultos – significado este próximo a socialização e aprendizado.

Essa procura de definições tem por objetivo mostrar a dificuldade de conceituação nas ciências e a problemática dos usos que se faz delas. Um mesmo conceito pode apresentar significados diferentes de acordo com determinadas épocas e áreas. Termos diferentes podem apresentar significados semelhantes. Ou ainda, palavras são transferidas de um dado fenômeno para outro inteiramente diferente.

Ao longo das leituras e consultas, parece que os antropólogos utilizam os termos aculturação e enculturação quase como sinônimos e, além disso, há uma polissemia de significados no interior dessa esfera de atividade humana que traz riscos aos pesquisadores de outras áreas interessados nessa abordagem. De toda maneira, é importante que essas tensões estejam explicitadas para que esses conceitos possam efetivamente contribuir com programas de investigação em que pesquisadores "estrangeiros" pretendam utilizá-los.

Vejamos outros olhares.

Peter Burke (2004), um historiador cultural, identifica duas funções das fronteiras culturais. Elas podem ser vistas como barreiras, obstáculos, locais de resistência, mas também como um lugar de encontro ou zona de contato. Tanto numa como noutra, as culturas contíguas sofrem transformações e se apropriam de elementos da outra cultura, mas, no segundo caso, *"as fronteiras muitas vezes são regiões com uma cultura própria, claramente híbrida"* (p. 154).

Gruzinski (2001) chama de *mestiçagem* às misturas que ocorrem entre civilizações diferentes, como aquelas decorrentes da conquista da América pelos povos Europeus, enquanto *hibridação* se refere àquelas misturas que se desenvolvem dentro de uma mesma civilização. Já Canclini (2008, p. xix) prefere o termo *hibridação* para definir *"processos socioculturais nos quais estruturas ou práticas discretas, que existiam de forma separadas, se combinam para gerar novas estruturas, objetos e práticas"*. O autor chama a atenção para o fato de essas formas discretas serem o resultado de outras hibridações que, com o tempo, se tornaram mais homogêneas, o que configura "ciclos de hibridação".

A questão de investigação que o autor, então, coloca é *"como a hibridação funde estruturas ou práticas sociais discretas para gerar novas estruturas e novas práticas?"* (CANCLINI, 2008, p. xxii). Nesse sentido, o objeto de estudo seriam os processos de hibridação e não a hibridez por si mesma, em outras palavras, se busca investigar o que é abandonado, o que é retido e o porquê dessas escolhas em determinadas relações

interculturais. Abandona-se a idéia de identidades isoladas umas das outras, com seu conjunto de traços fixos, em prol do entendimento de como essas identidades se constituem nas práticas de misturas que se formaram.

Se aculturação pode trazer tanto o sentido negativo de desaparecimento de uma cultura em detrimento de outra, quanto a noção de que ambas culturas em contato sofrem transformações e podem manter sua identidade, o conceito de hibridação guarda em si as contradições inerentes aos fenômenos que ocorrem nas fronteiras culturais ao permitir descrever o trânsito de estruturas discretas às novas formas híbridas. Esse conceito de hibridação é utilizado atualmente para investigar processos muito diversos como viagens e cruzamento de fronteira, fusões artísticas, literárias e comunicacionais, processos interétnicos e de descolonização ou globalização (CANCLINI, 2008).

A hibridação na biologia aumenta a variabilidade genética dos indivíduos sobre a qual a seleção natural atua. De maneira análoga, a hibridação lingüística ou social evidencia a geração de novas estruturas e práticas culturais num tempo fluido, de identidades interconectadas e de heterogeneidade.

1.3. A ARGUMENTAÇÃO COMO PRÁTICA CULTURAL

Perelman e Olbrechts-Tyteca (1958/2005) indicam a existência de estudos sobre argumentação já no século XV a.C., quando essa era utilizada como instrumento de defesa em julgamentos judiciais. Entretanto, os registros sobre a prática da argumentação afloram com os sofistas na Grécia Antiga, na preparação de jovens para a política e na defesa de teses em praça pública. Na jovem Atenas democrática dos séculos V e IV a.C., cujo tema e problema da reflexão filosófica passa a ser o humano, a formação do cidadão e do sábio virtuoso, há notícias de pessoas dotadas de habilidades admiráveis que se tornaram mestres ou professores das artes, técnicas ou ofícios que exerciam. Estes eram os sofistas, peritos que ensinavam uma profissão por meio da técnica da retórica, da arte da palavra, e cobravam por ela (foram os primeiros pedagogos e os primeiros professores remunerados da história da educação). Os sofistas ensinavam, sobretudo, a arte de argumentar e persuadir, imprescindível numa sociedade democrática em que, num tribunal, um cidadão assumia pessoalmente sua defesa ou acusação, ou na qual decisões políticas eram tomadas publicamente em assembléia com a participação de todos os cidadão em igualdade de direitos (CHAUI, 2002).

Um dos motivos pelos quais a palavra sofista veio a adquirir o sentido pejorativo que não tinha na origem foi a crítica socrática de que os sofistas não se interessavam pela verdade única, mas ensinavam a argumentar persuasivamente em favor ou contra uma opinião (retórica).

Aristóteles (384-322 a.C.) se preocupou em realizar um estudo mais sistemático do pensamento argumentativo formal, o que resulta na publicação de vários escritos reunidos sob a égide de *Órganon*, tido como o livro que origina a ciência Lógica. Nessa obra, Aristóteles estabelece um paralelo entre o silogismo analítico e o dialético (COELHO, 2005, p. xi):

- Silogismo analítico: demonstração fundada em proposições evidentes (aquela que por si mesmas garantem a própria certeza), que conduz o pensamento à conclusão verdadeira.
- Silogismo dialético: se expressa através de um argumento sobre enunciados prováveis (opiniões aceitas por todos, pela maioria ou pelos sábios), dos quais se podem extrair conclusões apenas verossímeis. Argumentação sobre opiniões.

Apesar de, para Aristóteles, não existir diferença na importância dessas duas formas de raciocínio, na evolução do pensamento filosófico a dialética[17] foi relegada ao plano dos sofismas, identificada às técnicas de persuasão sem compromisso ético, aos discursos vazios de oradores hábeis em convencer auditórios, quaisquer que fossem as teses (COELHO, 2005, p. xii). Essa concepção não faz jus à noção de raciocínio dialético de Aristóteles, pois para ele esse tipo de argumentação também estava sujeita a regras e métodos que controlassem sua pertinência. Mesmo assim, a lógica formal se alicerça sobre o estudo dos silogismos analíticos e para além da análise empírica proposta por Aristóteles. Ao requisitar estatuto de ciência, faz uso sistemático do simbolismo matemático e das regras do cálculo para afastar do processo dedutivo qualquer tipo de dúvida ou erro.

Segundo Haack (2002), uma preocupação central da lógica tradicional é discriminar entre argumentos válidos e inválidos, independentemente de seu assunto; isto quer dizer que sistemas lógicos formais fornecem padrões de validade a partir de cálculos sentenciais e de predicados – a partir da forma dos argumentos e não de seu conteúdo. Ainda nessa perspectiva, é considerado argumento algumas partes do discurso que apóiem uma conclusão por meio de premissas, que levem a uma conclusão a partir de premissas. No discurso informal nas línguas naturais, essa intenção pode ser assinalada ao se marcar a passagem de um enunciado a outro através de expressões tais como 'portanto', 'logo', 'segue-se que', 'porque', e assim por diante. Na lógica formal, a chegada e o apoio a uma conclusão são marcados pela apresentação de uma seqüência de fórmulas.

Com relação à correspondência entre a validade do argumento e a realidade, haveria três tipos de visões: monismo – há um único sistema lógico que permite a correspondência entre argumentos formais válidos no sistema e argumentos informais válidos no mundo real; pluralismo – há mais de um sistema lógico que permite essa correspondência; e, por fim, a concepção instrumentalista, que não considera a correspondência com a realidade, apenas admite que os teoremas/argumentos sintaticamente válidos do sistema são logicamente verdadeiros/válidos no sistema (HAACK, 2002, p. 289-290).

A busca de um ideal racional, de verdade natural a ser desvelada por uma linguagem lógica que reflete os objetos que procura nomear, tem sido modificada por uma visão mais pragmática da comunicação, atrelando as formas discursivas às situações de produção (como

[17] No sentido de discussão: a retórica é a arte da persuasão, oferecendo as razões ou os argumentos e definições de uma coisa para defender certo ponto de vista. Isso pressupõe que existem opiniões conflitantes e contrárias em jogo que entram em confronto, ou seja, são discutidas – dialética (Chauí, 2002, p. 167). A palavra dialética desde o século XIX com Hegel e depois com Marx é bastante polissêmica e guarda sentidos diferentes do utilizado pelos sofistas e por Aristóteles.

procurei demonstrar anteriormente). Nesse contexto, os estudos modernos sobre argumentação criticam o distanciamento entre a lógica formal e o mundo vivido, criticam a autonomia conferida à linguagem, como se a validade dos argumentos não dependesse mais nem de sua confrontação com a realidade, nem do acordo público alcançado por meio da ação comunicacional entre os sujeitos.

Um de seus expoentes, Stephen Toulmin (1958/2006) reage contra a lógica silogística, faz um ataque à inferência dedutiva, defende validade processual e não formal, estabelece a relação entre os elementos constantes (campo-invariáveis) e elementos variáveis (campo-dependentes) e propõe uma lógica mais epistemológica e mais empírica.

A sua pergunta é: *"Como se aplicam os argumentos na prática? Que ligações há entre os cânones e métodos que usamos quando, na vida do dia-a-dia, avaliamos, de fato, a solidez, a força e o caráter conclusivo de argumentos?"* (TOULMIN, 1958/2006, p. 2). Ele acredita que é *"importante levantar questões filosóficas gerais sobre a avaliação prática de argumentos"* e que esta é a questão que a lógica teria de se ocupar. No entanto, apesar de a lógica ter surgido com Aristóteles na tentativa de provar, corroborar ou justificar – no dia-a-dia – as alegações e conclusões mais corriqueiras, que qualquer um podia fazer, o seu desenvolvimento a afastou dessas questões na direção de uma completa autonomia sobre o modo como os argumentos poderiam ser tratados e criticados em diferentes campos, livre de preocupações práticas imediatas, se distanciando de aplicações cotidianas.

Toulmin critica esse distanciamento e por isso se ocupa em caracterizar os principais conceitos empregados na prática lógica. Para isso, propõe um novo modelo de lógica, fazendo um paralelo com as práticas do Direito:

> *A lógica se ocupa da solidez das alegações que fazemos – da solidez dos fundamentos que produzimos para apoiar nossas alegações, da firmeza do suporte que lhes damos – ou, para trocar de metáfora, com o tipo de precedente (no sentido em que os advogados usam esse termo) que apresentamos em defesa de nossas alegações. (...). A lógica (pode-se dizer) é jurisprudência generalizada* (TOULMIN, 1958/2006, p. 9-10).

Dessa forma, o objetivo de sua investigação é caracterizar o processo racional da produção de argumentos: *"(...) os procedimentos e as categorias mediante os quais se podem discutir e decidir todas as "causas"."* (TOULMIN, 1958/2006, p. 10).

Também em 1958, Perelman e Olbrechts-Tyteca (1958/2005) se preocupam em resgatar a idéia da dialética aristotélica como um saber necessário, a partir da reabilitação da

retórica, relacionando-o com o raciocínio jurídico. A preocupação desses autores era com os valores envolvidos em um julgamento: se o julgamento expressa apenas as emoções, interesses e impulsos do julgador ou se existiria uma lógica dos julgamentos de valor. Essa lógica é chamada de a *nova retórica*.

Se Toulmin se propõe a caracterizar um argumento a partir da relação entre sua forma e conteúdo, Perelman enseja seu olhar na validade desses argumentos. Seu pressuposto é que as premissas da argumentação não são evidentes, mas resultam de um acordo entre quem argumenta e seu auditório. O saber fundado em tais premissas pode ser verossímil, ou não, mas nunca será verdadeiro ou falso, como a lógica formal pretendia provar (COELHO, 2005, p. xvi).

Como os autores estão interessados em compreender o mecanismo do pensamento e, portanto, com a estrutura da argumentação, não se limitam ao estudo da argumentação oral para uma multidão reunida em uma praça. Seu objetivo é tratar dos *"recursos discursivos para se obter a adesão dos espíritos: apenas a técnica que utiliza a linguagem para persuadir e convencer será examinada"* (PERELMAN; OLBRECHTS-TYTECA, 2005, p. 8). Para isso, dada a importância e o papel modernos dos textos impressos, as suas análises se concentrarão, sobretudo, nestes.

Tanto para Toulmin como para Perelman, o intuito é fazer com que os argumentos que não se encaixam na lógica formal ganhem o estatuto de racionais. Para eles os argumentos que não pertencem à lógica formal também são racionais e devem ser estudados como tais, por isso podem ser controlados e elaborados a partir de regras, daí a necessidade de se investigar a estrutura do argumento e seus aspectos invariáveis. Tanto um como outro concordam que a retórica é um espaço da razão, mas que não pode ser reduzida a um racionalismo positivista e nem exposta ao relativismo. Aceitam o pluralismo que se realiza na prática, na experiência, desde que seja regido por regras.

2. A CULTURA ESCOLAR NA ZONA DE FRONTEIRA

A busca de novos referenciais teórico-metodológicos para interpretar o universo da escola começou a se intensificar no Brasil a partir dos anos 1970. O objetivo é explicitar a função cultural da escola, tanto no que diz respeito às reformas educacionais e a suas conexões com a prática cotidiana, quanto às suas características estruturais ou mesmo às relações entre saber teórico e saber escolar (FARIA FILHO; VIDAL, 2004).

No primeiro capítulo de seu livro intitulado *"Culturas escolares. Estudo sobre práticas de leitura e escrita na escola pública primária (Brasil e França, final do século XIX)"*, Diana Vidal (2005) discorre sobre os significados concorrentes de cultura escolar apropriados, principalmente, pela área de História da Educação.

Dominique Julia é um dos autores mais citados nas pesquisas sobre os significados de cultura escolar, discutidos principalmente no âmbito das pesquisas em História da Educação. Ele sistematiza o conceito como *"um conjunto de* normas *que definem conhecimentos a ensinar e condutas a inculcar, e um conjunto de* práticas *que permitem a transmissão desses conhecimentos e a incorporação desses comportamentos"* (JULIA, 2001, p. 10, grifos do autor). A importância do autor reside justamente na sua proposta de articulação entre normas e práticas, ampliando o olhar investigativo para além das prescrições das práticas e defendendo que a escola age na estabilização de algumas e na construção de novas.

Em seu texto, Julia já aponta a necessidade de se levar em consideração outras culturas (religiosa, política, popular, infantil) para se analisar a cultura escolar, pois esta não está isolada. O estudo das *disciplinas escolares* seria um enfoque metodológico privilegiado para a aproximação das práticas, já que muitos podem ser os significados atribuídos pelos agentes (professores, alunos) às disciplinas, não se restringindo às prescrições normativas e/ou programas de ensino. Elas são, outrossim, criações da escola, seu produto específico, que se constituem na relação das normas com as práticas.

Julia sofreu forte influência de André Chervel (1990), cuja visão da escola a situava como produtora de uma cultura específica, singular e original e que se fazia sentir para além de seus limites. Crítico da acepção da *transposição didática* de Chevallard (1985), que posiciona os saberes escolares como inferiores aos saberes acadêmicos de referência e os docentes como simples transmissores de conhecimento, Chervel acreditava que a cultura escolar se apropria das circunstâncias sociais tanto quanto interfere na sociedade.

Outro autor que compartilha a idéia de que a forma de socialização escolar extravasa os muros da escola é Guy Vincent. Em seu artigo *"Sobre a história e a teoria da forma escolar"*, escrito com Bernard Lahire e Daniel Thin (2001), afirma que em determinada época nas sociedades européias aparece uma forma inédita de relação social entre um "mestre" e um "aluno" que configura o que chamamos de relação pedagógica. Esses dois protagonistas se submetiam a regras impessoais em um tempo e lugar específicos. Assim, relação pedagógica, tempo e lugar singulares constituem uma forma escolar separada e autônoma de outras formas de socialização. Nessa forma, que para o autor é praticamente a mesma desde o século XVII, saberes escritos formalizados são construídos, efeitos duráveis de socialização são produzidos, maneiras de exercícios de poder são aprendidas e uma relação escritural com a linguagem e com o mundo, por meio do ensino da língua, é estabelecida.

Paralelamente, também preocupados com as invariantes estruturais da escola, Tyack e Cuban (1999) propõem o conceito de *gramática escolar* para definir o modo pelo qual as escolas fragmentam o tempo e o espaço, alocam e classificam os estudantes em sala de aula, dividem o conhecimento em disciplinas e premiam com notas e créditos as evidências de aprendizado. Para os autores, a maneira de a escola funcionar permanece estável por décadas e as tentativas de mudanças e reformas fracassam pois não encontram eco em uma representação de escola de verdade, reconhecida pelos seus participantes.

Tanto forma quanto gramática escolar enfocam o que é estável, permanente, resistente às mudanças, dando visibilidade à autonomia da escola com relação a outros sistemas culturais e, por isso, fixam o olhar excessivamente nas normas, nas prescrições das práticas. Enquanto que o conceito de cultura escolar assume o valor investigativo dos fazeres ordinários da escola, tentando apreender a materialidade das ações dos sujeitos nas relações que estabelecem com os objetos culturais que aí circulam.

Apesar de Forquin (1992) entender, junto com Chevallard (1985), a cultura escolar como derivada de ciências-fonte, apropriadas pelo processo de transposição didática, caracteriza a escola como seletiva no que concerne à cultura social. A noção de que os conteúdos tidos como imprescindíveis à educação do ser humano são selecionados de acordo com fatores sociais, políticos e ideológicos e que esse processo de seleção se dá no entrelaçamento das práticas escolares e das ações institucionais, remete à idéia de hibridação. Na constituição do que circula pela escola, da elaboração dos saberes escolares e até mesmo nas políticas públicas voltadas para a educação e ensino, estão envolvidos vários sistemas culturais em interação, produzindo uma tensão de forças que acabam por produzir um sistema

escolar característico, novo, original, mas híbrido, heterogêneo. Esse sistema, então, é resultado de um processo de hibridação entre a forma e gramática escolar que representam a tradição, a invariância, por um lado, e o que se espera de uma escola que acompanha as transformações sociais, o devir, por outro.

Ao analisar a estruturação social do discurso pedagógico, Bernstein (1996[18] apud MARANDINO, 2004) considera que o discurso da ordem social, por meio de regras específicas, transforma e regula a transformação dos discursos de competência em discurso pedagógico. Nesse sentido, os textos produzidos no campo científico ao passarem para as situações de ensino, por exemplo, são *recontextualizados*, o que significa que, não somente são deslocados do seu contexto de produção, como também são sobrepostos pelo discurso regulador da cultura escolar.

Considerando que a escola, então, se constitui na hibridação com outros sistemas culturais, como a ciência, a família, o mercado, a religião, a política etc., não soa adequado a outra acepção de cultura escolar, proposta por Forquin (1992, p. 33-34), que a caracteriza como segunda ou derivada em relação às ciências-fonte,

> *[...] subordinada inteiramente a uma função de mediação didática e determinada pelos imperativos que decorrem dessa função, como se vê através destes produtos e destes instrumentos característicos constituídos pelos programas e instruções oficiais, manuais e materiais didáticos, temas de deveres e de exercícios (...).*

Ora, será que esses produtos e instrumentos representam apenas uma função de mediação entre saberes de referência e saberes escolares? Esses produtos e instrumentos foram forjados para um público específico, em um momento histórico específico, em uma instituição específica. Portanto, são produzidos e transformados a partir de uma relação dialética entre o interior e o exterior da escola, entre as práticas e o que se espera delas. Fazem parte, então, de uma cultura original e são produtos originais utilizados em contextos *sui generis*.

Nesse sentido, é possível levantar a hipótese de que a escola se situa em um lugar de fronteira cultural, de zona de contato, de encontro, que produz uma cultura híbrida e, ao mesmo tempo, original. Hannah Arendt (1954/2001, p. 238), a propósito da crise educacional americana, já afirmava que *"a escola não é de modo algum o mundo e não deve fingir sê-lo; ela é, em vez disso, a instituição que interpomos entre o domínio privado do lar e o mundo,*

[18] BERNSTEIN, B. *A estruturação do discurso pedagógico: classe, códigos e controle*. Petrópolis: Vozes, 1996.

com o fito de fazer que seja possível a transição, de alguma forma, da família para o mundo" (grifo nosso). Nessa piracema cultural, as águas da escola tomam tons próprios, únicos, e a força das águas forma uma tensão entre as invariâncias e as variantes, entre o tradicional e o moderno, entre as permanências e as transformações, entre o público e o privado. É nessa piracema mesma que se constitui a cultura escolar.

É comum ouvirmos que a escola não consegue mais ensinar a ler e a escrever, que a escola não ensina temas atuais de ciência e tecnologia, que a escola não ensina seus alunos a analisar, raciocinar e comunicar suas idéia efetivamente, enfim, que a escola está fracassando em sua tentativa de preparar os jovens para os desafios do futuro. Além disso, a relação entre fracasso escolar e outros problemas sociais, como a delinqüência, a marginalização, a criminalização e o desemprego, é veiculada freqüentemente pela mídia. Será que a educação hoje está em crise? Será que a escola de hoje não dá conta de seus objetivos? Por que reconhecemos na escola um papel que talvez não esteja mais sendo cumprido?

Há muitas avaliações nacionais e internacionais realizadas atualmente para verificar o desempenho de crianças e adolescentes nas mais diversas disciplinas escolares. O PISA (Programa Internacional de Avaliação de Alunos), por exemplo, tem como objetivo avaliar até que ponto os alunos próximos do término da educação obrigatória adquiriram conhecimentos e habilidades essenciais para a participação efetiva na sociedade. Pretende responder a questões como: até que ponto os jovens adultos estão preparados para enfrentar os desafios do futuro? Eles são capazes de analisar, raciocinar e comunicar suas idéias efetivamente? Têm capacidade para continuar aprendendo pela vida toda? (INEP, 2006). Sem entrar no mérito da validade dessas avaliações, o fato é que o Brasil não tem apresentado bons resultados.

Não demora muito para que a culpa desse mau desempenho recaia sobre a escola. Em resposta, órgãos oficiais criam programas sociais de inclusão de crianças na escola para que ela as salve dessa sociedade.

> *Quase sempre a ela* [escola] *não sobra senão um dos dois papéis: de vilã ou de redentora. Vilã quando é apontada como uma das causas ou origem dos problemas sociais, seja porque é vista como deficiente, seja porque é tida como malfeita, seja porque é tida como apenas reprodutora ou legitimadora das injustiças sociais. Redentora quando é chamada, seja para resgatar os valores e os saberes que foram declarados perdidos, seja para salvar ou, no mínimo, melhorar o mundo em que vivemos...* (VEIGA-NETO, 1997, p. 73).

Não raro, esse dois papéis encontram-se, contraditoriamente, manifestados nos discursos sobre a escola. Esse paradoxo pode ser considerado, então, como disparador de uma crise, no centro da qual, se encontra essa instituição. Ora a escola contribui para a manutenção e reprodução das patologias do mundo moderno, ora é o remédio capaz de curar o mundo. E, como diz Hannah Arendt (1954/2001, p. 223),

> *Uma crise nos obriga a voltar para as questões mesmas e exige respostas novas ou velhas, mas de qualquer modo julgamentos diretos. Uma crise só se torna um desastre quando respondemos a ela com juízos pré-formados, isto é, com preconceitos. Uma atitude dessas não apenas aguça a crise como nos priva da experiência da realidade e da oportunidade por ela proporcionada à reflexão.*

A questão mesma que a crise nos faz retornar é: qual é o lugar ocupado pela escola na nossa sociedade? Vilã, redentora ou, e mais provavelmente, nenhuma dessas funções tão superficialmente colocadas?

Vincent, Lahire e Thin, (2001) colocam a questão da crise atual da escola de outra maneira. Eles se questionam se essa crise pode ser interpretada como o fim da forma escolar enquanto configuração sócio-histórica autônoma de outras formas de socialização surgida nas sociedades européias no século XVI, com sua típica relação pedagógica (entre um mestre e um aluno), com regras impessoais em um tempo e lugar específicos. Nessa forma ou gramática, as tentativas de mudanças e reformas escolares fracassam, pois não encontram eco em uma representação de escola de verdade reconhecida pelos seus participantes, isto é, há uma predominância da forma escolar sobre outras formas de socialização: todas (ou quase todas) as pessoas passam pela escola (pelo menos nos países centrais), a escolarização é cada vez mais longa (vide a legislação brasileira que propõem o aumento de oito para nove anos o Ensino Fundamental), as trajetórias sociais e profissionais são tributárias das trajetórias escolares, atividades escolarizadas são procuradas tanto para a aquisição do saber quanto para o desenvolvimento da disciplina, do autocontrole. Se a forma escolar é predominante sobre outras formas de socialização, se a forma escolar extravasa os muros da escola e atravessa outras instituições e grupos sociais, então, para esses autores, na verdade, não há crise. A idéia de crise vem da abertura da escola a outras instituições, como a família e o Estado, o que questiona a escola como detentora do modo escolar de socialização. Assim, os limites dessa forma são ampliados, reforçando e favorecendo sua difusão para fora do ambiente escolar.

> *A situação atual pode parecer paradoxal. A forma escolar, o modo escolar de socialização dominam a socialização, mas a escola como instituição é contestada, seu monopólio pedagógico e o dos docentes são retalhados, ameaçados... Entretanto, tal monopólio está ameaçado em nome da eficácia pedagógica, isto é, em nome dos resultados escolares, assim como em nome da "integração" das crianças e das famílias "populares" às normas dominantes, enquanto os métodos e o funcionamento da escola são contestados e atacados pelos sujeitos sociais mais escolarizados. (...) No momento em que a escolarização atingiu sua maior expansão, a escola tornou-se alvo de numerosas críticas porque a predominância da escola acarreta exigências maiores e mais diversificadas em relação à escolarização. De certa maneira, a instituição escolar paga o "sucesso" do modo de socialização do qual ela tem sido o principal vetor e do qual, pode-se dizer, não tem mais o monopólio (*VICENT; LAHIRE; THIN, 2001, p. 46-47).

Mas será que algum dia a escola já teve o monopólio sobre uma forma de socialização que disciplinariza os sujeitos? Será que existe a autonomia da escola pressuposta pelos autores?

Em seu livro *Vigiar e Punir* (1975/1987), Michel Foucault afirma que *"em qualquer sociedade, o corpo está preso no interior de poderes muito apertados, que lhe impõem limitações, proibições ou obrigações"* (p.118). O que mudou ao longo da história foram as técnicas e os métodos pelos quais esse controle era imposto. Até o século XVIII, o corpo era o alvo principal da repressão penal, submetido à dor, sofrimento e mutilação, ao mesmo tempo em que todo esse suplício servia de espetáculo público. Com a emergência de uma racionalidade que coloca o indivíduo no centro da vida social, esse tipo de ação passa a ser condenado devido à valorização de uma maior humanização das relações. Nesse contexto, de maneira um tanto dispersa e paulatina, começam a aparecer métodos que realizam as sujeições dos corpos a partir do detalhamento, da eficácia e da constância. É o que Foucault chama de *disciplinas*. Por meio da explicação sobre o funcionamento do mundo – dimensão do saber –, e por meio do controle dos indivíduos – dimensão do poder –, se produz corpos dóceis, eficientes, úteis. Para atingir esses objetivos, o poder disciplinar age controlando o tempo, o espaço e a relação do sujeito com o objeto; como resultado da composição de forças se obtém um aparelho eficiente, exigência essa inerente a uma sociedade de consumo.

Em várias instituições – exércitos, hospitais, conventos, indústrias –, a disciplina foi se constituindo como forma de organização e estruturação, mas é na escola que as técnicas disciplinares são identificadas nos mínimos detalhes de seu funcionamento e que, desde cedo, seus efeitos se fazem sentir, uma vez que a criança entra na escola cada vez mais nova. O que

nos faz reconhecer uma escola "de verdade" é justamente sua organização disciplinar: cada indivíduo é classificado de acordo com sua idade e de acordo com o resultado de avaliações; assim, se estabelecem grupos que ocupam determinadas salas de aulas, celas, espaços quadriculados; cada indivíduo ocupa um lugar na série e nas fileiras; o tempo é esmiuçado e controlado em aulas e recreios, nos quais se aplicam ciclos de repetição; o saber é fragmentado nas disciplinas escolares, que, tanto em seu interior, como na relação entre elas, têm uma distribuição temporal seqüencial do menos para o mais complexo; há uma correlação específica entre corpo e gesto: maneira de sentar, de pegar o lápis ou a caneta, de escrever, de ler; todas essas regras são explícitas e exigem uma resposta determinada, permitindo deslocamentos controlados e articulações com o outro.

Assim, a escola se constitui no bojo de uma sociedade disciplinar, na qual técnicas e dispositivos de poder se espalharam e se generalizaram por várias instituições, cada uma estabelecendo registros diferentes para essas técnicas. Isso significa que, apesar de a escola não ser simples reprodutora da ordem social, pois a disciplina é incorporada de acordo com as especificidades de cada instituição, há que se considerar que o modo de socialização escolar foi impregnado pelo poder disciplinar. Nos ciclos de hibridação que delimitaram a cultura escolar, a disciplinarização foi incorporada e apropriada pela escola se tornando uma de suas características marcantes. Espera-se que, em uma "escola de verdade", as crianças aprendam a cumprir regras, ter limites, ouvir o outro, saber o momento de falar, saber o momento de brincar, entender e respeitar a hierarquia etc.

Aprender a escrever é um dos maiores investimentos do ser humano. É muito difícil, é necessário muito exercício e só se aprende na escola. Antes do estabelecimento da forma escolar, aprender se fazia vendo fazer e ouvindo dizer. Depois do surgimento da relação mestre e alunos, ambos submetidos a regras impessoais constitutivas da ordem escolar, e com cada vez mais crianças na escola, aprender a ler e a escrever, nas cidades européias do fim do século XVII, ficou mais acessível para um número maior de indivíduos. Esse processo foi resultado de um vasto empreendimento da ordem pública em obter submissão e obediência, dessa maneira, ao invés de aprender a ler e escrever por meio de textos sagrados, como era típico aos monges da Idade Média, agora os alunos aprendiam a ler por "civilidades". Escrever e ensinar a escrever passou a ser domínio da classe dos professores em substituição ao escrivão da igreja. (VINCENT, LAHIRE & THIN, 2001; CHERVEL, 1990).

Nos séculos XIX e XX, com o desenvolvimento das escolas urbanas na pedagogia da luzes e a sucessiva organização de um ensino público pelo Estado, a preocupação se volta

para o estabelecimento de uma ordem política pública cujo objetivo é formar indivíduos preparados para servir o Estado e respeitar a autoridade não por conta do temor a ela, mas pela razão. Nessa nova configuração, há o aprofundamento da valorização de uma relação escritural com o mundo.

Na linguagem oral não há contradições, o mito se adapta a cada situação de enunciação. O tempo da prática é o tempo da aprendizagem. O que é feito, o que é dito e o que existe são indissociáveis. A escrita permite o desvinculamento das situações imediatas, o que possibilita aos atores a análise crítica – comparar, encontrar contradições e interpretar.

A escola (essa que reconhecemos como "escola de verdade") virou o ponto de passagem obrigatório para diferentes sujeitos que ocupam diferentes posições e que exercem diferentes atividades, aí esses sujeitos interiorizam saberes que conquistaram sua coerência na/pela escrita. O tempo da aprendizagem passou a ser o tempo passado, presente e futuro. O modo de socialização escolar promove uma escrituralização dos saberes e das práticas com a criação de artefatos como os materiais pedagógicos e manuais, ao mesmo tempo em que, ao despersonalizar e objetivar as regras, permite a aprendizagem de formas de exercícios de poder.

3. A CULTURA CIENTÍFICA EM QUESTÃO

> *Por que todas essas disciplinas se intitulam "ciências"? Que características tem a verdadeira ciência, que a distinguem de outros sistemas de pensamento? A biologia possui essas características?*
> *É de imaginar que deveria ser fácil responder a essas perguntas. Por acaso todo mundo não sabe o que é ciência?* (MAYR, 2008, p.47).

Ciência, escola, religião, política... Palavras que se referem a certas esferas da sociedade, mas que têm seu significado associado a determinada época e à imagem que se faz de cada uma delas. Todos acham que podem falar da escola, pois passaram por ela; todos acham que podem falar da ciência, pois estão expostos a resultados do que é cientificamente produzido; todos acham que podem falar de religião, pois afinal todos têm uma. Mas quando se tenta fazer uma definição precisa desses conceitos ou dessas culturas, o que faz parte de seu funcionamento interno e o que é externo a elas, se encontram dificuldades. É necessário recorrer à história, ao seu processo de constituição, para desvelar as suas transformações e se chegar a um mínimo consenso sobre o seu significado.

Ícone da racionalidade humana, o que é essa coisa chamada ciência? É possível, sem ser cientista, ter acesso ao seu funcionamento interno, à sua epistemologia? Existe um ou uma pluralidade de métodos científicos? "Cientistas" são como entidades impessoais, ao mesmo tempo em que também se criam vínculos pessoais entre o cientista e sua descoberta. A ciência se aproxima do real ou é uma ideologia de poder?

As diversas respostas a essas questões são discutidas por muitos filósofos da ciência, sociólogos e antropólogos, não sem dificuldades. Uma delas reside no fato de que a ciência é tanto uma atividade dos cientistas que envolve determinadas etapas e métodos, quanto um corpo de conhecimentos construído e acumulado (MAYR, 2008).

Bourdieu (2004) cria o conceito de *campo* para evidenciar a oposição entre interno – mundo governado por leis sociais mais ou menos específicas – e externo – interferência do mundo social e econômico no campo. Esse universo *"é um espaço relativamente autônomo, um microcosmo dotado de suas leis próprias"* e o seu grau de autonomia está intimamente relacionado com sua capacidade de refratar as pressões externas, de retraduzi-las segundo sua própria lógica interna (p. 20). Os campos literário, artístico, jurídico e científico são exemplos de campos citados pelo autor; é suposto que o campo escolar possa ser acrescentado a esse conjunto.

As leis do campo são regidas por alguns fatores. Um deles é a estrutura das relações objetivas entre os *agentes*, ou seja, a forma como os sujeitos se relacionam, o que é permitido a cada um fazer, que posição cada um deles ocupa, de onde fala. Essa estrutura é determinada pela distribuição do *capital científico* num dado momento: o reconhecimento pelos pares de uma competência que confere autoridade a determinados agentes. Pesquisadores que detêm capital científico definem quais são os conjuntos de objetos importantes de pesquisa. Os agentes, no entanto, não são passivos dentro de um campo, mas desenvolvem maneiras de ser (*habitus)* que podem levá-los a resistir, a opor-se às forças do campo.

Para que uma tese seja aceita em determinado campo, é preciso fazer valer razões, argumentos, demonstrações, refutações que são construídos na confrontação com o real por meio de um trabalho de objetivação que se efetiva na medida de sua relação com as pressões externas e com o grau de recursos econômicos que exige para se concretizar. Para Bourdieu (2004), qualquer explicação para o triunfo de uma determinada teoria no campo científico deve levar em conta as dimensões institucional e pessoal (ou seja, o que está relacionado a um poder político sobre os meios de produção e o que é interno ao campo).

Nesse sentido, a definição de campo aproxima-se dos conceitos de cultura e de esfera. É possível enxergar uma fronteira que delimita o que é próprio dessa prática humana, de forma que essa fronteira estabeleça contato com outras práticas, promovendo transformações de suas características internas ao longo do tempo e influências que, por sua vez, transformam os outros campos/culturas/esferas.

Apesar de levar em consideração a tensão entre interno e externo, Chalmers (1994) defende que a refutação ou a aceitação de uma teoria científica dependem exclusivamente da lógica interna da ciência. Para ilustrar sua posição, faz uma analogia com o futebol:

> *Suponhamos que está havendo uma partida de futebol: imaginemos que a bola aterrissa aos pés de um jogador que está bem na frente da rede do campo oposto, e o goleiro não está ali. Nesse contexto, não consideraríamos necessária uma explicação para a ação do jogador, que chuta a bola para dentro da rede – ou melhor, consideraríamos óbvia uma explicação "interna", dadas as regras do futebol. Por outro lado, se o jogador, em vez de chutar a bola e fazer o gol, tirasse do bolso uma faca e um garfo e tentasse comê-la, ele estaria fazendo algo desprovido de sentido no contexto do jogo. Seria necessária uma explicação externa, talvez recorrendo-se a informações sobre a saúde mental do jogador. (...) Num contexto em que os atores se empenham numa atividade com metas específicas, quando suas ações contribuem para essa meta, não é preciso*

> *haver nenhuma explicação que examine mais do que a natureza da atividade.* (p. 124).

Isso não quer dizer que o autor seja contrário às explicações sociológicas ou psicológicas da ciência e nem que não as considere relevantes. No futebol, é legítimo querer entender porque alguns jogadores recebem salários muito mais altos do que outros ou as razões pelas quais um indivíduo deseja se tornar um jogador. Nesse caso, explicações externas são necessárias. No entanto, num contexto onde estão implícitos o jogo e suas regras, se as ações dos jogadores estiverem de acordo com os objetivos do jogo, elas serão compreendidas internamente de modo satisfatório.

É muito mais fácil assistir a uma partida de futebol se suas regras são conhecidas pelos interlocutores. Isso não significa que basta compartilhar essas regras para se tornar um jogador de futebol. Familiarizar-se com o funcionamento desse esporte permite conversar com seus agentes e até julgá-los (um goleiro que comete "frango", um atacante que não sabe evitar impedimentos ou um juiz que não apita um pênalti são condenados pelos torcedores ao final de uma partida), mas nunca permitirá tornar-se um deles, já que experiência não se compartilha somente pelo discurso, se vive, se pratica. De maneira análoga, produtos e resultados da ciência estão expostos à sociedade para serem utilizados e/ou julgados. Será que para se posicionar diante deles, é necessário compreender as regras desse jogo? Se sim, ensiná-las seria um dos papéis da educação escolar científica. Ou será que saber apenas o placar final (seus resultados e produtos) é suficiente para tomar uma posição? Com o objetivo de aprofundar essa discussão, vamos às regras do jogo, ao funcionamento e à constituição das ciências naturais.

Quando o termo "ciência" é utilizado, em geral designa um modo específico de conhecimento adotado pelo mundo ocidental moderno. Apesar de encontrar antecedentes em uma maneira grega de pensar a razão, admite-se a origem da ciência moderna no que se convencionou chamar de Revolução Científica, cujos expoentes são: Copérnico, Galilei, Bacon, Harvey, Kepler, Newton, Malpighi, Descartes, Leibniz (MAYR, 2008; ROSSI, 2001). Rossi (2001, p. 13) defende que a partir do século XVII

> *[...] toma vida e alcança rapidamente a plena maturidade uma forma de saber que revela características estruturalmente diferentes das outras formas de cultura, conseguindo a duras penas criar suas próprias instituições e suas próprias linguagens específicas.*

Essa forma de saber rompe com a tradição científica medieval[19], o que torna legítimo o uso da expressão *"revolução científica"*. Seu caráter revolucionário fica evidente nas formas e instrumentos utilizados para se interpelar a natureza; no uso de meios experimentais, construídos a fim de confirmar ou refutar teorias; na criação de modelos matemáticos de interpretação; e, por fim, no fato de a verdade das proposições não depender mais da autoridade de quem as pronuncia e não estar mais ligada a uma revelação ou iluminação. Nesse tipo de atividade humana, contestações e erros são admitidos e mudanças de paradigmas são parte integrante (ROSSI, 2001).

Francis Bacon (1561-1626) tem um papel importante na ruptura com o pensamento teológico-medieval ao criticar o modo de se começar uma investigação a partir de um ponto de vista aceito como verdade, deduzindo então as conseqüências. Ele considerava a observação empírica e os resultados de experimentos formais como único caminho adequado para testar hipóteses e, assim, seria possível formular princípios gerais que explicassem os fenômenos – raciocínio indutivo (MOORE, 1986).

Apesar de isso ter implicações diretas no funcionamento interno da ciência, tal restauração do poder humano sobre a natureza (instaurada juntamente com outros expoentes da revolução científica) só tem valor se realizada em um contexto mais amplo que concerne à religião, à moral e à política, contexto no qual é conferido às artes mecânicas – saber técnico, manual utilizado na construção e projeção de instrumentos utilizados na experimentação – o mesmo *status* das artes liberais ou intelectuais – aquela dos homens letrados, cultos e livres. Se na Idade Média a primeira forma de conhecimento é considerada inferior e subordinada à segunda, graças à coragem intelectual de Galilei ao confiar em um instrumento que nasceu no ambiente dos mecânicos, essa forma de conceber o mundo passa a ser valorizada, atendendo também ao princípio de igualdade política que nascia nessa época (ROSSI, 2001). Isto demonstra como a origem da cultura científica também pode ser explicada como resultado de ciclos de hibridação com as outras esferas da sociedade – o que é interno às suas fronteiras sofreu interferência de um pensamento político que emergia no período iluminista.

O indutivismo e o empirismo, típicos dos primórdios da Revolução Científica, apesar de sua importância por tentar eliminar qualquer resquício de explicações mágicas ou supersticiosas dos fenômenos, são questionados atualmente pela maioria dos filósofos da ciência que debatem a existência de fatos puros. Hoje, pode-se afirmar que há um consenso

[19] Tese nem sempre compartilhada pelos historiadores da ciência, mas que assumimos aqui de acordo com Rossi (2001).

sobre a noção de que a observação da natureza e a coleta de dados são calcadas em teorias, nas visões dos cientistas. Nesse caso, o objetivo da ciência estaria relacionado com a compreensão da natureza, no sentido de interpretação dela (MAYR, 2008).

Esses procedimentos foram ampliados posteriormente para o método hipotético-dedutivo, no qual um estudo científico começava pela observação/experimentação de algum fenômeno natural, seguido da formulação de hipóteses provisórias que explicassem esses resultados. Então seriam feitas deduções que permitissem testá-las. Os resultados desses testes permitiriam validar ou refutar a hipótese, que se constituiriam então em leis gerais (MOORE, 1986).

Essa seqüência de procedimentos ficou conhecida como método científico, cuja aplicação acreditava-se descobrir as verdades do mundo de uma maneira objetiva, neutra, definitiva, dogmática. Subjaz a esse método uma visão de que a ciência autêntica é verificada e mostra ser verdadeira baseando-se em fundamentos seguros fornecidos pelos sentidos de observadores cuidadosos. Essa estratégia propõe uma explicação universal e a-histórica para a metodologia científica; por meio desse método seria possível explicar todos os fenômenos naturais, escapando-se de meras interpretações da natureza.

Reconhecendo que provas é algo impossível de se obter, o filósofo austríaco Karl Popper (1902-1994) propôs duas coisas importantes que modificaram a visão do que é fazer ciência. Em primeiro lugar, observar não significa nada em ciência, os fatos só se tornam um problema de pesquisa quando conflitam com o saber vigente. Infere-se, então, que não há observação neutra, os fatos não se revelam ao cientista, mas que este, ao observar certos fenômenos, apenas identifica aqueles que consegue enxergar e propõe hipóteses explicativas baseadas em um escopo teórico. Além disso, ele admitia que não é possível provar uma teoria particular; as hipóteses são submetidas a testes rigorosos que possam mostrar se elas são falsas – são os *testes de falseabilidade*. Enquanto não houver motivos para se duvidar da explicação científica, ela é aceita (MOORE, 1986).

A ciência, no entanto, não se desenvolve de maneira regular e linear. Ao analisar a história do desenvolvimento da física, Thomas S. Kuhn (1923-1996) propõe que, em geral, os cientistas trabalham de acordo com modelos e soluções aceitos pela comunidade científica (os *paradigmas*), realizando o que ele denominou de *ciência normal*. De tempos em tempos, situações conflituosas e anomalias nos resultados de pesquisas exigem mudanças de paradigmas, configurando alterações nas maneiras como os problemas são vistos pelos cientistas e que tipos de observações e experimentos devem realizar – períodos de *revolução*

científica. As novas hipóteses, o novo paradigma, passam a ser submetidos a testes de falseabilidade que podem refutar ou confirmar as teorias e o ciclo se reinicia (MOORE, 1986)

A trajetória de Bacon a Kuhn pode levar a supor que, para ser considerado uma ciência, um campo deva seguir sistematicamente esses passos. Conclusão: existe uma única ciência e um único método científico que dá conta de investigar e explicar os fenômenos naturais. O que foge do *script* não pode ser senão uma forma de conhecimento inferior, sem rigor e, portanto, não inspira confiança.

Críticas a um método científico universal foram elaboradas por vários filósofos e sociólogos da ciência. No outro extremo dessa estratégia positivista em buscar padrões objetivos absolutos no funcionamento da ciência, há a reação dos relativistas radicais que defendem um vale-tudo epistemológico e metodológico. Para estes, não há diferença entre a ciência, a astrologia e a magia. O que determina o funcionamento da ciência são as pressões externas, sociais, psicológicas, por ela sofridas. Tudo pode ser transformado em um discurso ideológico, em uma questão estética ou em preconceitos metafísicos.

Na tentativa de apreender o campo entre o método universal e o relativismo cético, Chalmers (1994) propõe, como maneira de delimitar a ciência de outras formas de conhecimento, avaliá-la de acordo com a aplicabilidade de suas leis e teorias. Apesar de ser contrário a uma definição geral de conhecimento, para ele a meta das ciências naturais é produzir um conhecimento objetivo sobre o mundo natural que permita intervir nele e controlá-lo. Não há um único método para se atingir esse conhecimento e se estabelecer generalizações, mas métodos e padrões historicamente contingentes sujeitos a mudanças, cuja eficiência é avaliada em seu confronto com o mundo. É diante das realizações práticas que os padrões estão sujeitos a modificações e por isso são contextuais e específicos para cada campo, para cada objeto de investigação. Além disso, os métodos dependem dos instrumentos intelectuais e práticos disponíveis aos cientistas em determinado contexto histórico, de *cenários epistemológicos*. Nessa perspectiva, não faz sentido, então, falar em uma cultura científica, mas em culturas científicas situadas no tempo e no espaço.

Isso não significa que as ciências possam ser separadas de outras atividades nem que as suas metas estejam imunes a outros interesses. O conceito de hibridação na constituição dessas culturas também é válido. Há duas dimensões na compreensão do funcionamento de um determinado conhecimento científico.

> *[...] a maneira como uma teoria vem a ser proposta é um tipo de questão, que exige uma resposta histórica, ao passo que a forma pela qual ela é justificada como conhecimento satisfatório é outra espécie de questão, que exige uma resposta epistemológica* (CHALMERS, 1994, p. 119).

A resposta histórica está relacionada com os aspectos externos ao funcionamento das ciências – a origem da teoria evolucionista de Darwin ou os diversos usos ideológicos feitos dela são exemplos disso. Enquanto que a resposta epistemológica envolve mecanismos internos, como a coerência de uma teoria e seu relacionamento com as evidências e teorias rivais no âmbito de sua meta. Uma independe da outra e é esta última que confere autonomia para um campo específico.

Os métodos e padrões devem possibilitar atingir as metas das ciências que, por sua vez, são contingenciais e contextuais, ao mesmo tempo em que não podem ser utópicas, só podem ser apreendidas na prática. Uma das metas das ciências naturais é o estabelecimento de generalizações que governem o comportamento do mundo a partir de recursos (intelectuais e materiais) disponíveis em determinado momento histórico. O comportamento do mundo é acessado por meio de observações e experimentações objetivas no sentido que representam resultados de ações sobre o mundo. Mesmo admitindo que as análises de resultados experimentais sejam teórico-dependentes, só acontecem de determinada maneira porque o mundo é como é. Isso proporciona a possibilidade de se estabelecer coerência, repetibilidade e previsão. Para Chalmers (1994), então, há métodos e padrões historicamente contingentes que são avaliados em relação à meta da ciência e ao grau de sucesso obtido.

De maneira um pouco mais sistemática, mas com uma visão muito próxima da desenvolvida anteriormente, Moore (1993[20] apud MAYR, 2008, p.55-56) determina oito critérios para qualificar qualquer atividade como ciência. São eles:

> *1. Uma ciência deve se basear em dados coletados no campo ou em observações de laboratório ou em experimentos, sem invocar fatores sobrenaturais.*
> *2. Os dados precisam ser coletados para responder a perguntas, e as observações devem ser feitas para fortalecer ou refutar conjecturas.*
> *3. Devem ser empregados métodos objetivos, de modo a minimizar qualquer eventual viés.*
> *4. As hipóteses devem ser consistentes com as observações e compatíveis com o arcabouço teórico geral.*

[20] MOORE, J. A. ***Science as a way of knowing***. Cambridge: Harvard University Press, 1993. Esse livro é resultado de vinte e cinco anos de pesquisa do autor sobre a história cultural da biologia e sobre os procedimentos e valores da ciência. Antes da publicação do livro, o autor havia publicado em revistas especializadas artigos sobre temas específico da biologia; o texto referente à genética já foi citado aqui.

> *5. Todas as hipóteses devem ser testadas e, se possível, hipóteses concorrentes devem ser desenvolvidas, e seu grau de validade (capacidade de resolver problemas) deve ser comparado.*
> *6. Generalizações devem ser universalmente válidas no domínio particular dessa ciência. Eventos singulares devem ser explicáveis sem invocar fatores sobrenaturais.*
> *7. De forma a eliminar a possibilidade de erro, um fato ou descoberta deve ser totalmente aceito apenas se (repetidamente) confirmado por outros pesquisadores.*
> *8. A ciência é caracterizada pelo aprimoramento contínuo das teorias científicas, pela substituição de teorias falhas ou incompletas e pela solução de problemas antes intrigantes.*

Vimos até aqui que é possível reconhecer – e os autores escolhidos nessa revisão fazem isso – a ciência como uma forma de cultura/campo/esfera, com características específicas que determinam seu funcionamento de maneira a ser possível identificar fronteiras bem delimitadas entre o que é interno e o que é externo a ela. Por conseqüência, considera-se que existe uma *linguagem social* que se especializa, selecionando e criando léxicos e gramáticas próprias, de acordo com o seu desenvolvimento.

A linguagem é considerada atualmente tão central na formulação do pensamento científico a ponto de Thomas S. Kuhn (1983/2006, p. 75-76) confessar que:

> *O conceito de revolução científica originou-se na descoberta de que, para compreender qualquer porção da ciência do passado, o historiador precisa, em primeiro lugar, aprender a linguagem em que tal passado estava escrito. [...] Se eu estivesse reescrevendo agora a* Estrutura[21]*, enfatizaria mais a mudança de linguagem e menos a distinção normal/revolucionário.*

Para ele, o processo de mudança paradigmática está intimamente associado com uma questão de tradução e/ou interpretação, já que os enunciados-chave de uma ciência mais velha não podem ser representados na linguagem de uma ciência posterior; portanto, devem ser traduzidos/interpretados e, com isso, sofrem transformações em seus significados.

É muito curioso o modo com que Bruno Latour (2000) construiu sua análise e a representação do papel da linguagem na ciência. Da mesma maneira que antropólogos estudam comunidades distantes e isoladas, ele perscruta a atividade científica preocupado não com seus produtos finais, com o que já está pronto no interior dessa *caixa-preta*, mas sim com

[21] O autor se refere ao seu famoso livro *Estrutura das revoluções científicas*, publicado originalmente em 1962, no qual cunha o conceito de *revolução científica* para designar os momentos em que há mudança de paradigmas no fazer científico.

os passos dos cientistas para a elaboração desses produtos antes da *caixa* se fechar e se tornar inacessível. Nesse processo, ele identifica que a linguagem vai se tornando mais complexa e, especialmente, mais técnica quanto mais se aproxima dos *"lugares onde são criados fatos e máquinas"* (LATOUR, 2000, p. 53). Quanto mais se aproxima da atividade científica, mais controvérsias aparecem e surge a necessidade de se lançar mão de textos, arquivos, documentos cada vez mais especializados para *"forçar os outros a transformar o que antes foi uma opinião num fato"* (p. 54) e manter aceso o debate.

Para o autor, portanto, mesmo os textos mais científicos ou mais técnicos não estão impregnados de racionalidade pura, mas, na verdade, significam que a retórica, como forma de persuasão, convencimento, está extremamente presente. Ao analisar o artigo científico, por exemplo, ressalta três aspectos que tornam esse o veículo retórico mais importante da ciência: em primeiro lugar, o artigo científico não é um texto isolado, mas há várias pessoas engajadas na sua publicação e muitas outras são explicitamente citadas de acordo com a autoridade que representam; além disso, em geral há uma grande quantidade de referências que dão sustentação à tese; e, finalmente, os autores devem ser tomados como referência em textos posteriores para que seu texto ganhe o *status* de fato. Latour (2000) conclui que nesse percurso, a linguagem científica se torna peculiar, e só passa a compreendê-la quem faz parte dessa cultura.

Galilei, no bojo da Revolução Científica, contrapõe a retórica à física:

> *Mas, nas ciências físicas, quando as conclusões são seguras e necessárias, e não decorrentes de preferência humana, deve-se ter o cuidado de não assumir posição de defesa do erro; pois aí, mil Demóstenes e mil Aristóteles ficariam em apuros diante de um único homem comum que porventura atinasse, só ele, com a verdade* (DRAKE, 1970, p. 71[22] apud LATOUR, 2000, p.56).

Latour coloca retórica e ciência lado a lado ao entender a atividade científica como uma forma de retórica que mobiliza um grande número aliados – dados, fatos, instrumentos, inscrições, outros cientistas e sua própria equipe – em favor de um argumento.

Os argumentos utilizados nos artigos científicos são construídos em laboratórios ou em locais em que possa coletar dados. Para convencer o leitor, não basta que o cientista tenha as habilidades retóricas mobilizadas para a escrita do texto, é necessário também que ele saiba

[22] DRAKE, S. *Galileo Studies: personality, tradition and revolution*. Ann Arbor: University of Michigan Press, 1970.

manejar os instrumentos, obter deles registros, interpretá-los. Assim, em um primeiro nível, há os *instrumentos* de coletas de dados; esses instrumentos permitem a realização de *inscrições* – formas de registro que servirão de ferramenta de análise para os cientistas, tais como traços, gráficos, tabelas, números de registro, histogramas – que, por sua vez, são utilizadas como fatos em um *texto* científico. Ainda por trás de tudo isso, existem grupos de pessoas que dão vida a todos esses artefatos, fazem gestos e dizem o que eles significam (LATOUR, 2000).

A visão de ciência aqui apresentada mostra claramente a falta de consenso sobre uma posição epistemológica única do que pode ser considerado ciência e sobre a complexidade do trabalho do cientista. De qualquer forma, o termo ciência não se refere a qualquer conhecimento da natureza, mas está associado com um tipo de atividade que nasce na cultura européia do século XVI e que, nem por isso, deixa de sofrer transformações a partir daí. Mesmo assim, apesar de ser possível demarcar essa esfera social, separando-a de outras, não a consideramos superior ou melhor do que outras formas de prática humana. Além disso, há limites para a explicação científica: ela não se refere a tudo, nem é a explicação mais válida para determinados fenômenos (EL-HANI; MORTIMER, 2007).

3.1. A CULTURA CIENTÍFICA E A BIOLOGIA

Chalmers (1994) aponta que a física é utilizada por muitos filósofos para se compreender a ciências e seus métodos. Assim, para um outro campo de conhecimento ser considerado científico é necessário que corresponda à história e à prática da física. Por muito tempo, inclusive, a aceitação da mecânica como modelo ideal de ciência fez com que fosse freqüente a idéia de que a biologia deveria ser redutível à física e à química. Apesar de criticar essa concepção, seus exemplos para criar generalizações sobre algumas características do funcionamento interno da ciência também são na sua maioria retirados da física. Por isso, é necessário adentrarmos mais profundamente na biologia, campo de interesse deste trabalho, para investigar as características específicas dessa cultura.

Se no início da Revolução Científica, o objetivo era encontrar teorias ou leis universais por meio do pensamento hipotético-dedutivo, isso não funcionava para o mundo dos seres vivos, objeto de investigação das ciências biológicas. O método científico descrito anteriormente não serve para reconstruir seqüências históricas que ocorreram durante a evolução da vida, por exemplo, ou para a pluralidade de causas e respostas que tornam a previsão dos fenômenos impossível em biologia (MAYR, 2008).

Utilizando-se de exemplos da história da física, Chalmers (2004) estabelece duas grandes metas da ciência: a busca de generalizações aplicáveis ao mundo físico (desde que sejam fundamentadas e propostas *a posteriori*. Na física, essas generalizações correspondem a leis e teorias) e a realização de previsões (baseadas na experimentação e observação objetivada, ou seja, na confrontação com o mundo real). De acordo com Ernst Mayr (2008), um dos, senão o principal pensador e defensor de uma autonomia das ciências biológicas enquanto forma de ciência, afirma que no lugar do apego a leis universais há o reconhecimento do papel importante dos conceitos na formação das teorias e, ao mesmo tempo, que a natureza probabilística das explicações biológicas dificulta a realização de previsões.

Ele defende que a biologia consiste em dois campos bem diferentes: a biologia funcional e a biologia histórica. A biologia funcional se refere às causas próximas; isso significa que os fenômenos ou processos em organismos vivos são resultados das instruções de programas genéticos ou comportamentais e envolve respostas à pergunta do tipo “Como?” em geral realizadas em pesquisas genéticas ou dos campos da fisiologia, da biologia do desenvolvimento ou comportamental. A biologia histórica se refere às causas últimas, ou seja,

aquelas que conduzem à origem de novos programas genéticos ou à modificação de programas existentes e envolvem respostas às perguntas do tipo “Por quê?”, freqüente na construção de narrativas históricas. É possível abordar um mesmo dado ou fenômeno biológico por meio tanto da biologia funcional quanto da biologia histórica. (MAYR, 2005).

Essa diferenciação é interessante, pois cada uma dessas vertentes apresenta um método ou métodos específicos: enquanto a biologia funcional se aproxima mais das ciências físicas, com a possibilidade de experimentação em laboratório para se testar as teorias, a biologia histórica requer a elaboração de narrativas históricas com a criação de cenários hipotéticos calcados em observações e evidências, o que a situa mais próxima às ciências humanas, como a história.

Para delimitar definitivamente a biologia como campo autônomo de conhecimento, Mayr (2005) propõe caracterizá-la pelos princípios biológicos específicos que são baseados em conceitos centrais elaborados ao longo da história dessa ciência. Esses princípios estão sintetizados a seguir.

1. *A complexidade dos sistemas vivos*: os sistemas biológicos são abertos, dotados das qualidades de reprodução, metabolismo, replicação, regulação, adaptação, crescimento e regulação hierárquica. Não é possível reduzi-los às leis da física e da química, pois há novos grupos de propriedades que surgem a cada nível de organização – as *propriedades emergentes*. Alem disso, esses sistemas *evoluem* ao longo do tempo, ou seja, sofrem transformações conduzidas pelo processo de *seleção natural*, que consiste na eliminação e na reprodução diferencial dos indivíduos de uma população.

Talvez o conceito que estabelece a diferença mais fundamental entre o mundo inanimado e o vivo é o de *biopopulação*. Em contraposição à noção tipológica de que os membros de cada classe são idênticos, numa biopopulação cada indivíduo é único e o seu valor estatístico médio é uma abstração.

2. *A biologia evolucionista é uma ciência histórica*: fenômenos únicos são explicados a partir da construção de narrativas históricas, cujo valor explicativo é testado por meio de observações, indícios e evidências que são comparadas ao longo do tempo.

3. *Acaso*: há lugar para o acaso nas explicações biológicas como grande gerador da variação (na meiose, por exemplo, ele rege tanto a permutação quanto a movimentação dos cromossomos).

4. *Pensamento holístico*: não é possível a redução das partes para a explicação do todo; num sistema biológico há muitas interações entre as partes, interações essas que geram propriedades que emergem a cada nível de organização.

5. *Limitação ao mesocosmos*: o objeto de estudo da biologia está encerrado entre os átomos e as galáxias. O mundo de dimensões cósmicas (macrocosmo) ou o mundo subatômico das partículas elementares (microcosmo) não são relevantes para essa ciência.

Pelos motivos acima, a biologia nunca poderia ser unificada com a física ou com qualquer outra ciência, apesar de apresentar pontos de congruência com elas. Compartilhamos a visão desse importante filósofo da biologia, Ernst Mayr, e junto com ele classificamos a biologia como uma forma de cultura científica em hibridação com outras formas, como a física e a história.

É possível argumentar também, caminhando pelo percurso teórico construído até aqui, que esse processo de hibridação ocorre também entre a biologia e as ciências da linguagem.

> *Se aprendermos os caracteres e os* nomes *das coisas seremos instruídos também a respeito da* natureza *das coisas. Se as ligações, as contraposições e as relações entre os termos da linguagem reproduzem as ligações, as contraposições e as relações entre as coisas, nomear significa conhecer* (ROSSI, 2001, p. 344).

Essa concepção de linguagem esteve muito presente nos esforços de classificação da natureza dos séculos XVII e XVIII. Nesse período, o objetivo da classificação era encontrar a ordem das coisas e seu lugar exato na natureza. Os nomes corresponderiam ao que é essencial aos objetos e deveriam ser organizados numa enciclopédia que refletisse o projeto de uma língua universal. A busca pelo essencial encontrava respostas nas interpretações alegóricas, nos mitos, nas lendas, nos possíveis usos de um determinado animal ou planta escritas em uma linguagem emblemática (LOPES, 2005).

Apesar de seguir o mesmo objetivo de busca da universalidade, Lineu (1707-1778) procura tornar seu sistema o mais natural possível, reduzindo o essencial das plantas a poucos caracteres relacionados com sua reprodução. Em contraposição à simplicidade reducionista de Lineu, Buffon (1707-1788) enfatizará o estudo global dos seres vivos, sua distribuição geográfica e a continuidade das formas vivas. Ele acreditava que o esforço de ordenar os seres vivos era insuficiente para explicar toda a variedade da natureza, era apenas um sistema de nomenclatura e não um sistema natural (LOPES, 2005).

As idéias diversas de Lineu e Buffon antevêem a divisão entre biologia funcional e histórica, refletindo uma diferença de visão, de métodos e de linguagem entre elas. A *nomeação* faz parte da ciência e não são só os objetos ou os indivíduos recebem nomes, mas também os processos. Além disso, os significados dos conceitos podem sofrer transformações ao longo do tempo. Para a semântica lingüística, a significação de um nome é a sua *designação* (GUIMARÃES, 2005). A designação, por exemplo, de gene, para Johannsen em 1909, quem cunhou esse termo, é bem diferente da designação de gene para o atual biólogo molecular.

4. A ARGUMENTAÇÃO E O ENSINO DE CIÊNCIAS

> *Ao professor cabe a tarefa de despertar no educando uma atitude crítica diante da realidade em que se encontra inserido, preparando-o para "ler o mundo": a princípio, o seu mundo, mas, daí em diante, e paulatinamente, todos os mundos possíveis* (KOCH, 2000, p.160).

O que temos até agora? É chegado o momento de fazer uma síntese/seleção do que foi exposto até aqui para que o diálogo com pesquisadores da área de ensino de ciências possa ser efetivado à luz do filtro teórico construído.

Segundo os referenciais apresentados, podemos chamar de *cultura*, *campo* ou *esfera* aqueles conjuntos de atividades humanas delimitados por uma fronteira que guarda em seu interior características passíveis de serem distinguidas do que está no seu exterior. Essas esferas não estão isoladas umas das outras, mas há zonas de contato que podem promover, ao longo do tempo, transformações naquelas características constitutivas, o que pode provocar, inclusive, o aparecimento de novas esferas em ciclos de hibridação.

No mundo vivido de instituições como a escolar, por exemplo, há diversas linguagens em processo de hibridação. Na escola, hibridizam-se as linguagens da família, do ambiente social ao qual pertencem seus atores, da ideologia política que influencia programas e prescrições pedagógicas, das instituições religiosas, das ciências de referência que dialogam com as disciplinas escolares. Esse processo produz um jogo de linguagem típico do discurso escolar, cujas regras (implícitas ou explícitas) são conhecidas por todos que estão ou já passaram pela escola. No fluxo do cotidiano, participar desse jogo significa compartilhar valores, maneiras de se comportar, enfim, de se comunicar que produz uma cultura escolar.

A experiência vivida pelos indivíduos praticantes de cada campo se manifesta por meio de um agir comunicativo, resultando em comunidades comunicacionais que compreendem a linguagem social típica daquele campo. É através da prática da argumentação e da justificação que os indivíduos que participam de uma mesma comunidade comunicacional compartilham conhecimentos e verdades. Portanto, a argumentação é ação humana presente em todas as esferas/culturas e de fundamental importância.

Devido ao seu estatuto de formas negociadas, além de estar disponível para cada um dos indivíduos particulares, a linguagem social também veicula representações coletivas – os mundos representados de Habermas (1987): o mundo objetivo, o mundo social e o mundo subjetivo. Esses três mundos seriam dimensões constitutivas de cada uma das

esferas/campos/culturas. Como as atividades humanas se organizam a partir da negociação entre os indivíduos, então é o mundo social que regula as modalidades de acesso desses aos objetos do meio, estruturando os mundos objetivos e subjetivos.

Consideremos, por exemplo, a cultura científica como uma grande esfera formada por diversas comunidades comunicacionais e linguagens sociais (que corresponderiam às divisões nas disciplinas científicas, física, química, biologia, geologia etc.) Os cientistas que fazem parte de cada uma dessas comunidades criam representação sobre a cultura científica com base no é que negociado e compartilhado entre eles. Essas representações (que se referem ao mundo social) orientam a maneira deles enxergarem o ambiente, os objetos do meio, a si mesmo e outros cientistas (aspectos relativos aos mundos objetivo e subjetivo).

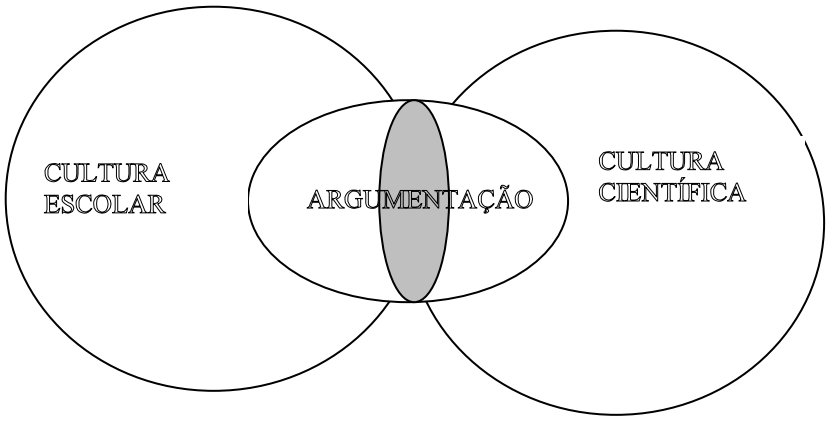
No entanto, como já afirmamos, as culturas estão em contato umas com as outras. Ao estender o raciocínio acima para a relação entre culturas diferentes, podemos imaginar que o mundo social da cultura na qual o indivíduo faz parte, além de regular os mundos objetivo e subjetivo de sua própria cultura, também regula o acesso aos mundos de outra cultura. Um indivíduo olha para outro indivíduo de cultura diferente com os óculos construídos pelas representações da esfera que participa.

Na especificidade das hibridações entre cultura escolar e cultura científica, levantamos então a seguinte hipótese de trabalho: a cultura escolar regula as modalidades de acesso dos indivíduos aos objetos da cultura científica[23]. O aluno é parte integrante da cultura escolar, portanto, está sujeito às regras, linguagens e representações desse campo (que foram construídas historicamente e transformadas na hibridação com outras culturas). Ele só pode ver as outras formas de organização da sociedade desse lugar que ocupa e isso terá uma forte influência no aprendizado dos conteúdos específicos das disciplinas escolares.

O papel da argumentação nesse processo de regulação e contato entre essas duas esferas é muito importante, já que é uma habilidade envolvida na organização do raciocínio e na justificação das afirmações e faz parte de todas as esferas de atividade humana.

[23] É claro que a cultura escolar não é a *única* forma de regular o acesso à cultura científica, mas é uma forma privilegiada, por meio do ensino das disciplinas científicas.

Transformamos, então, nosso primeiro esquema no seguinte:



Nesse esquema, a cultura escolar e a cultura científica possuem uma zona de fronteira. Os indivíduos que participam da cultura escolar, por meio da argumentação, poderiam dialogar com os praticantes da cultura científica sob a ótica da sua esfera de origem – o estudante teria condições de chegar somente até a parte pintada no esquema e nunca adentrar de fato na cultura científica, mas circular por alguns de seus aspectos e discursos.

No contexto bakhtiniano, a palavra "diálogo" não é entendida como consenso, mas como reação do eu ao outro, como palavra na situação complexa e heterogênea dos sujeitos sociais, vinculada a situações concretas, do tempo presente ou passado (MARCHEZAN, 2006). O diálogo, no sentido amplo de toda a comunicação verbal e não verbal (e que não se refere somente à situação de produção imediata), envolve uma *atitude responsiva* dos interlocutores, revelando suas tomadas de posições, que exige a *compreensão* dos enunciados e da pluralidade de vozes presentes neles (BAKHTIN, 1929/1986; 1934-35/1998).

Assim, é por meio da compreensão dos discursos da ciência (ou de pelos menos algumas de suas características) que o indivíduo tem mais chances de dialogar com a cultura científica. Nesse sentido, já que a argumentação é um dos discursos considerados mais típicos dessa esfera, o desenvolvimento das habilidades envolvidas com a argumentação seria um objetivo do ensino de ciências. Ao mesmo tempo, para o investigador ter acesso à maneira como este diálogo está sendo travado, a estrutura da argumentação pode servir como importante ferramenta de análise para a pesquisa em ensino de ciências.

Importantes autores atuais para a consolidação e desenvolvimento do campo de pesquisa em educação científica utilizam a estrutura do argumento de Toulmin (1958/2006) como referencial metodológico para a análise do discurso em sala de aula de ciências, física, biologia ou química. Esses trabalhos defendem que para o estudante aprender ciência, ou seja, para o aluno ter acesso à cultura científica é necessário que aprenda a argumentar

cientificamente. Afinal, apesar de várias outros fatores envolvidos na prática da ciência, argumentar seria a atividade essencial ao trabalho do cientista. Analisar a qualidade dos argumentos ou investigar que tipo de atividade pedagógica promove uma boa argumentação se torna, então, o objetivo de pesquisas que busquem promover a enculturação dos indivíduos na cultura científica (CARVALHO, 2008; CAPECCHI, 2004; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; DÍAZ DE BUSTAMANTE, 2003; CHAMIZO GUERRERO, 2007).

Dois pontos precisam ser discutidos: um deles se refere ao papel do argumento na educação científica em relação aos seus objetivos e o outro diz respeito ao objetivo do ensino de ciências como um processo de enculturação.

Concordo que, dentre outras, argumentar é uma atividade central na prática científica, mesmo porque, no processo de constituição dessa formação social, a ciência se apropriou de habilidades e procedimentos de outras esferas que, aos poucos, foram se transformando e se diferenciando até adquirirem características específicas e se tornaram autônomos de sua origem. A arte de argumentar nasce na *pólis* da Grécia Antiga, inaugurando a política e a democracia, muito antes do surgimento da ciência. Essa habilidade retórica foi apropriada pelos mais diferentes agentes da sociedade com objetivos diversos e, nesses ciclos de hibridação, na argumentação científica emergem características específicas e diferentes da argumentação no direito, na política ou numa mesa de bar, enquanto outras são mantidas. Isso é válido para outros procedimentos como escrever textos ou realizar inscrições como tabelas, gráficos e equações que ganham formas e significados diferentes nas diversas formações sociais e instituições, mas continuam sendo identificados como texto, tabelas, gráficos e equações.

Decorre daí que, considerando-se a cultura ocidental, argumentar é uma habilidade importante em várias esferas de circulação humana, tanto oralmente quanto na escrita. Se, por um lado, argumentar contribui para o indivíduo organizar seu pensamento e expressar a sua vontade; por outro, é por meio da prática pública da argumentação que comunidades comunicacionais são forjadas e que se torna possível estabelecer os consensos necessários a uma vida em sociedade.

Ao se referir à lógica informal, própria dos discursos naturais, proposta por Toulmin (1958/2006), Leal e Morais (2006) consideram que

> *a criação de estratégias de convencimento é imprescindível, dado que não há uma ligação necessária entre as premissas e a conclusão* [como a lógica formal queria demonstrar]. *Nesses casos, é preciso defender um ponto de vista em que não há uma possibilidade de operar por meio de demonstrações, e, sim, de persuasão. (...) Existe, portanto, um abismo lógico aberto que leva os falantes/escritores a argumentar em favor da probabilidade de que o ponto de vista esteja correto* (p. 13).

Os autores concluem que a justificação se torna, então, uma operação necessária.

Por esses motivos, aprender a argumentar é importante. É ao viver, ao experienciar práticas que envolvem a necessidade de argumentação, que o sujeito desenvolve essa habilidade. Oralmente pode-se ter acesso a formas primárias de argumentação, no sentido de Bakhtin (1979/1985). A escrita, ao estabelecer a permanência e reelaboração do texto no tempo, permite que formas cada vez mais complexas de argumentação sejam exercitadas, o que por sua vez, interfere no modo como os interlocutores se comunicam oralmente tanto naquela esfera quanto em outras nas quais circulem, inaugurando os gêneros secundários do discurso.

Aprende-se a escrever na escola, portanto, é na escola que o indivíduo tem a possibilidade de ter acesso a formas mais sistematizadas de compreender e exercitar a lógica argumentativa, além de aumentar paulatinamente sua complexidade no uso já que são muitos os anos de escolarização. Mais do que isso, o estudante tem a oportunidade de entrar em contato com diferentes formas de argumentação, especializadas de acordo com as disciplinas escolares – pretende-se que o aluno aprenda a argumentar em literatura, história, geografia, artes, física, biologia – tanto sobre temas que dizem respeito exclusivamente à disciplina em questão como em discussões sócio-científicas, políticas, éticas, que extravasam os limites das disciplinas.

De qualquer maneira, se é na escola que o indivíduo aprende formas secundárias de argumentação, essa prática está condicionada às características da cultura escolar – um tempo, um espaço, um objetivo, um plano de ensino, uma audiência específicos, muito diferentes da argumentação típica da cultura científica. É claro que há uma zona de fronteira entre esses tipos de argumentos, afinal temas, conceitos, fatos, história e epistemologia da ciência são transformados na constituição das disciplinas escolares científicas. No entanto, o objetivo de

ensinar a argumentar na escola ou investigar a argumentação no ensino de ciências não é o de promover a *adoção* da cultura científica pelos alunos, como propõe Jiménez-Aleixandre e Díaz de Bustamante (2003), mesmo porque a cultura científica só pode ser adotada por alguém que pratica essa cultura – pelos cientistas (ou talvez também por aspirantes a cientistas em cursos de Ensino Superior).

Esses autores postulam a existência de operações de construção de conhecimento que são evidenciadas pela análise dos argumentos dos alunos[24], chamadas de *operações epistêmicas*. Sobre elas, é afirmado que:

> *Cabe ter em conta que nem todas as operações realizadas pelos estudantes, nem todas suas justificativas podem ser situadas no domínio da cultura científica. Há outras que se pode situar de forma mais apropriada em uma categoria que recebe diferentes nomes:* cultura escolar *(como oposta à cultura científica) ou ações dramatúrgicas...* (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; DÍAZ DE BUSTAMANTE, 2003, p. 366, tradução nossa).

Se o aluno está situado na cultura escolar, nenhuma das operações investigadas pode ser tributária da cultura científica. Além disso, não enxergamos a cultura escolar como oposta à científica, mas diferente e com zonas de contato com ela. Outro tipo de operação proposta são as *operações procedimentais e técnicas*, caracterizadas como típicas da prática científica. De acordo com o olhar construído neste trabalho, consideramos que se essas operações são praticadas na escola, então elas deixam de ser típicas da cultura científica e passam a ganhar contornos próprios da cultura escolar.

Nesse mesmo artigo, os autores assinalam que o raciocínio argumentativo é relevante para o ensino de ciências, já que um dos fins da investigação científica é a geração e a justificação de enunciados e ações direcionados à compreensão da natureza. Acreditamos que essa é uma concepção de via única, que subordina a cultura escolar à científica; se algo é feito de determinada maneira na ciência, então deve ser feito também na escola para que ocorra aprendizado efetivo. Não é porque a argumentação é uma ferramenta essencial da cultura científica que ela se torna importante no ensino ou nas pesquisas em ensino de ciências. Mas é a partir do desenvolvimento de determinadas habilidades no âmbito da cultura escolar que o indivíduo terá possibilidade de posteriormente especializar essas habilidades, desenvolvê-las e

[24] Os dados de pesquisa apresentados nesse artigo se referem a classes do Ensino Médio (alunos de aproximadamente 15 anos de idade).

aplicá-las em outras esferas da vida, cotidiana, profissional e inclusive da cultura científica (se for um cientista).

Jiménez-Aleixandre e Díaz de Bustamante (2003, p. 367), defendem que *"é importante desenhar atividades que ajudem o aluno a 'falar ciências', a participar da cultura científica, da produção e circulação de conhecimento"*. Alguns parágrafos à frente, sobre a resolução de problemas no contexto do laboratório, eles dizem que *"a transformação das práticas em verdadeiros problemas é necessária se o trabalho de laboratório for considerado uma imersão na cultura científica e não uma mera ilustração da teoria"*. O fato de que os currículos de ciências têm se preocupado cada vez mais em propiciar momentos de resolução de problemas (o que, sem dúvida, amplia e diversifica as atividades pedagógicas e instrumentos de avaliação) não torna os estudantes imersos em uma cultura diversa daquela em que eles estão inseridos.

De acordo com essa mesma perspectiva, Jiménez-Aleixandre, Díaz de Bustamante e Duschl (1998b) analisam as operações epistêmicas, procedimentais e técnicas que aparecem no discurso de alunos de dois tipos de salas de aulas de biologia: uma delas oferece um ambiente de aprendizagem com problemas autênticos, enquanto a outra propõe tarefas convencionais de laboratório (desenhar, estimar o tamanho do objeto). Ao comparar a natureza e quantidade de operações que aparecem nos dois tipos de aulas, os autores encontraram mais conversação, mais trocas, mais interpretações e reinterpretações no grupo que teve que solucionar problemas. Isso é muito importante do ponto de vista pedagógico e tem implicações para a educação científica. No entanto, os autores acreditam que os alunos que experenciaram situações diferenciadas da convencional aula de laboratório de biologia, com propostas mais desafiadoras, estão fazendo ciência, estão adotando a cultura científica autêntica. Os autores não consideram que ambas as seqüências de atividades estão submetidas às regras da cultura escolar. Na ciência também se resolve problemas, mas de outra natureza, submetidos a regras de outro mundo social.

Em um outro artigo bastante citado, Jiménez-Aleixandre, Bugallo Rodríguez e Duschl (2000) fazem uma distinção entre *"doing the lesson"* e *"doing science"*[25]. Como se as duas coisas fossem excludentes, eles opõem as atividades ou dispositivos procedimentais ao diálogo ou argumentação científicos e se perguntam se o que é feito nas salas de aulas de ciências é

> *(1) corresponder a expectativas do que professores e alunos devem fazer enquanto estão na escola (por exemplo, rever lições de casa, fazer anotações de aula, fazer avaliações e completar atividades de laboratório) ou (2) promover uma ambiente de aprendizado que estabeleça e facilite a construção, a representação e avaliação do conhecimento e dos métodos investigativo da ciência* (p. 759).

É claro que limitar o ensino de ciências ao primeiro objetivo não produzirá indivíduos que compreendam a cultura científica e nem consigam dialogar com seus praticantes; no entanto, o segundo objetivo nunca estará desvinculado do primeiro. Esse ambiente de aprendizado é a escola e as práticas ensejadas aí serão submetidas a um tempo específico, a atores característicos, a regras disciplinares diferentes das da ciência.

Na análise dos diálogos em pequenos grupos de alunos, os autores interpretaram como *"doing the lesson"* as interações que se referiam, de maneira mais explícita, às regras da tarefa (como o que escrever ou a discussão sobre a escolha de somente uma hipótese como resposta ao problema) e, de maneira mais implícita, às representações que os alunos faziam sobre o papel que deveriam desempenhar, sobre o que é esperado deles naquela situação. Por exemplo, uma aluna diz que se estão estudando genética, então a resposta deve estar relacionada com genes. Sem dúvida, esta fala não está diretamente implicada com a produção de conhecimento científico, está no nível da representação que os sujeitos têm de si e do outro – mundo subjetivo – a partir do contexto em que se inserem – mundo social. No entanto, a nossa hipótese é que, além disso, o conhecimento construído e compartilhado naquela situação de comunicação (que os autores se referem como *"doing science"*) também é regulado pelo mundo social da escola, pela cultura escolar.

Assim, neste trabalho, não queremos circunscrever o que é da cultura escolar e o que é da cultura científica na produção escrita dos alunos, mas investigar qual é a natureza da

[25] *"Doing the lesson"* se refere à cultura escolar, algo como "fazendo a lição"; *"doing science"* se refere à cultura científica, algo como "fazendo ciência".

linguagem da ciência e qual é a natureza da linguagem da ciência quando presente na escola que torna essas esferas culturais tão distantes e, ao mesmo tempo, com zonas de hibridação.

A expressão "falar ciência" foi cunhada pelo americano Jay L. Lemke (Professor da Universidade de Michigan) no seu livro *Talking science: language, learning and values*, publicado em 1990. O estudioso dá significado à expressão:

> *"Falar ciência" não significa simplesmente falar sobre a ciência. Significa* fazer *ciência através da linguagem. "Falar ciência" significa observar, descrever, comparar, classificar, analisar, discutir, hipotetizar, teorizar, questionar, desafiar, argumentar, desenhar experimentos, seguir procedimentos, julgar, avaliar, decidir, concluir, generalizar, informar, escrever, ler e ensinar a e através da linguagem da ciência* (LEMKE, 1997, p. 11-12, tradução nossa).

Essa lista de verbos, ou pelo menos a maioria deles, compõem os objetivos de todas as disciplinas escolares em maior ou menor grau e freqüência. Não são específicos do ensino de ciências. A especificidade está no final da frase: *"através da linguagem da ciência"*. Qual é a linguagem da ciência? Quais são as características que a tornam diferente da linguagem das outras esferas? Como ela é apropriada no processo de transformação para a cultura escolar? Questões muito amplas, que fogem ao escopo deste trabalho, mas que deram origem às questões de investigação aqui propostas. Considerando a importância da argumentação na regulação e no contato entre a cultura escolar e a cultura científica, pretende-se buscar marcas lingüísticas que permitam identificar as características do argumento quando enunciado no âmbito da cultura científica e quando enunciado no âmbito da cultura escolar. Por meio da posterior comparação entre esses dois enunciados é possível acessar o que é recontextualizado na hibridação dessas linguagens sociais.

Apesar de concordarmos com o autor sobre o caráter social da ciência e reconhecer a relevância e a importância de sua metodologia de pesquisa com enfoque na semiótica social, sob nossa perspectiva teórica não podemos nos filiar à idéia de que *"Ensinar ciência é ensinar aos alunos como* fazer *ciência"*. Para ele, os professores pertencem à comunidade de pessoas que falam a linguagem da ciência; como os alunos não falam ciência, isso dificulta a comunicação entre eles. Então, é necessário que o ensino de ciências seja visto como uma forma de *"introduzir os alunos, ao menos parcialmente, dentro dessa comunidade de pessoas que* falam ciência*"* (LEMKE, 1997, p. 13).

Numa perspectiva convergente com essa, autores que investigam o ensino de ciências têm se apropriado do conceito de *enculturação* para se referir ao aprendizado de ciências. Carvalho (2008) contrapõe esse conceito com o de aculturação:

> *Enculturação significa apropriação de uma nova cultura sem, entretanto, deixar de lado a cultura original. Esse é um conceito que nasceu em oposição à aculturação que seria a substituição de uma cultura por outra* (p. 115).

A autora critica o objetivo do ensino de ciências como aculturação, entendido como a substituição dos conceitos espontâneos dos alunos pelas teorias científicas. Essa idéia corresponderia ao modelo de ensino baseado na mudança conceitual, bastante influente na área desde os anos 1980 e que tem origem na epistemologia piagetiana. Essa visão também é criticada por Mortimer (2000), que define enculturação como a entrada num mundo ontológica e epistemologicamente diferente do mundo cotidiano. Ele acrescenta que o *"processo de enculturação pode acontecer quando se tem que aprender teorias mais avançadas"* (p.65). Essa concepção está mais próxima de *endoculturação* (LARAIA, 2006) como aprendizado ou socialização no interior da própria cultura.

Interessante notar que a mesma autora, Anna Maria Pessoa de Carvalho (Professora Titular da Universidade de São Paulo), em texto anterior, utiliza o conceito de *aculturação científica* para defender um currículo de ciências que contemple a concepção Ciência/Tecnologia/Sociedade (CTS) ao invés de refletir somente uma acumulação de conteúdos científicos com perfil enciclopedista. Em suas palavras:

> *Um ensino que vise à aculturação científica deve ser tal que leve os estudantes a construir o seu conteúdo conceitual participando do processo de construção e dando oportunidade de aprenderem a argumentar e exercitar a razão, em vez de fornece-lhes respostas definitivas ou impor-lhes seus próprios pontos de vista transmitindo uma visão fechada de ciências* (CARVALHO, 2004, p. 03).

O termo aculturação também é utilizado por Roth e Lawless (2002, p. 380):

> *Nós começamos o artigo com a premissa que a ciência é ela mesma uma cultura com suas formas de narrativas particulares, práticas materiais, crenças, etc. Vista dessa maneira, aprender ciência é equivalente a outras formas de aculturação, incluindo a participação (do jeito mais periférico para o mais central) nas práticas particulares dessa cultura. [...] Um dos*

> *aspectos centrais da cultura é a linguagem. [...] Em adição à linguagem, nós tentamos salientar o papel da manipulação e dos gestos no desenvolvimento da linguagem científica.*

Como discutido no primeiro capítulo desta tese, para a antropologia, os conceitos de aculturação e enculturação podem ser sinônimos ou podem ter significados concorrentes, com enculturação evidenciando o que ocorre quando o indivíduo passa por mudanças no interior de seu próprio sistema cultural. No ensino de Ciências, alguns autores utilizam enculturação e outros, aculturação. De qualquer maneira, o significado atribuído para os dois processos (de enculturação científica e de aculturação científica) é o mesmo. São conceitos introduzidos com o objetivo de ampliar e modificar o caráter de um ensino de ciências que não dá mais conta de formar indivíduos capazes de compreender a ciência.

Parece que a oposição apontada por Carvalho (2008) entre esses termos revela a acepção negativa que aculturação ganhou por conta dos estudos antropológicos do colonialismo do período entre guerras. No entanto, segundo Cuche (2002), os significados abarcados pelo conceito ganharam contornos mais complexos incorporando as transformações sofridas por culturas em contato de forma a deixar de ser um processo de mão única, no qual uma cultura engole a outra.

Aculturação científica ou enculturação científica, o fato é que, nas publicações sobre pesquisas em ensino de ciências, esses processos sempre estão associados com as seguintes palavras: *entrada na cultura científica*, *imersão na cultura científica*, *adoção da cultura científica*, *falar ciência*, *fazer ciência*, *participação nas práticas científicas*, *introduzir os alunos nas práticas científicas*, *trazer a ciência dos cientistas para a escola*, *aprender ciência como processo de aquisição cultural*, como demonstrado nas citações diretas ao longo deste texto. Apesar dos autores freqüentemente ressaltarem que o objetivo da educação básica não é formar futuros cientistas, acredito que a utilização desses termos possa gerar interpretações equivocadas acerca dos objetivos do ensino e do aprendizado de ciências.

Há uma contradição entre a utilização desses termos e os objetivos do ensino de ciência tratados como enculturação científica. Os três pontos mais importantes nessa direção, que Sasseron e Carvalho (2008, p. 335) chamam de *eixos estruturantes da alfabetização científica*, são: *"a compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais, a compreensão da natureza da ciência e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática e o entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia,*

sociedade e meio-ambiente". E para a OCDE (2000[26] apud CARVALHO, 2008) podem ser resumidos como: *"processos científicos ou habilidades, conceitos e conteúdo, e contexto"*. Grande parte desses objetivos se refere à zona de fronteira entre a cultura científica e outras esferas da sociedade. Mesmo o objetivo referente ao aprendizado de conteúdos e conceitos, que poderia ser considerado como uma entrada efetiva na cultura científica, também está na zona de hibridação entre a cultura científica e, no caso, a escolar. Os conceitos que serão acessados pelo público leigo ou mesmo pelos estudantes de ciência do ensino básico são aqueles selecionados que circulam pela zona de fronteira da cultura científica com as outras esferas da sociedade – saber o que é uma topoisomerase não faz sentido para um aluno do ensino médio, enquanto que o conceito de DNA é central para o entendimento da biologia molecular e para o posicionamento em determinadas questões no atual contexto do século XXI (essa exigência e as zonas de fronteiras são dinâmicas).

Aprender ciência na escola não é o mesmo que aprender a falar ciência, a se comportar como um cientista ou compartilhar práticas e valores com eles, como a metáfora da enculturação permite interpretar. Na antropologia, Geertz (1973/1989, p. 8-10) também questiona essa antiga ambição dos antropólogos de, ao estudar uma cultura diferente, quererem se tornar os próprios nativos ou copiá-los, e discute essa dificuldade citando Wittgenstein[27]:

> *Falamos... de algumas pessoas que são transparentes para nós. Todavia, é importante no tocante a essa observação que um ser humano possa ser um enigma completo a outro ser humano. Aprendemos isso quando chegamos a um país estranho, com tradições inteiramente estranhas e, o que é mais, mesmo que se tenha um domínio total do idioma do país. Nós não* compreendemos *o povo (e não por não compreender o que eles falam entre si). Não nos podemos situar entre eles.*

[26] OECD – Organisation for Economic Co-operation and Development. *Measuring students knowledge and skills: the PISA assessment of reading, mathematical and scientific literacy*. Paris: OCDE, 2000.

[27] Não há referência a essa citação de Wittgenstein no livro de Geertz, no entanto, na 5ª edição do livro *Investigações Filosóficas* traduzido para o português diretamente do alemão em 1994 encontramos a passagem correspondente (o livro de Geertz foi traduzido do inglês, por isso elas não são idênticas):

> *Dizemos também que uma pessoa nos é transparente. Para esta observação é importante, porém, que uma pessoa seja para uma outra um enigma completo. Experimenta-se isto quando se chega num país estrangeiro com tradições completamente diferentes; ou seja, mesmo quando se domina a língua do país. Não se entende as pessoas. (E não pelo fato de não se saber o que elas dizem para si próprias.) Não somos capazes de nos encontrar nelas* (WITTGENSTEIN, 1953/2008, p. 289).

Situar-se no diferente, no outro, ter acesso ao mundo conceitual no qual os praticantes de outra cultura vivem, de modo a poder conversar com eles. Alargar o universo do discurso humano seria esse um dos objetivos da antropologia.

Ao pensar uma das funções da escola como sendo a de possibilitar o acesso dos estudantes ao conhecimento construído pela humanidade em seu processo histórico e permitir que eles se situem, na e pela linguagem, perante as diversas esferas culturais responsáveis pela produção desse conhecimento, a idéia de alargamento do universo do discurso humano serve também como um dos objetivos da escola, realizado não de uma maneira etnográfica, descritiva, densa – senão seus atores seriam antropólogos e não estudantes ou professores–, mas de uma forma escolar.

A crítica realizada aos autores acima citados de maneira alguma significa que todo o seu projeto de pesquisa não esteja sendo considerado como importante para a consolidação da área de pesquisa em ensino de ciências. Pelo contrário, todos eles são autores que trouxerem novas perspectivas teóricas, que elaboraram críticas relevantes aos modelos anteriores e que criam a cada investigação propostas pedagógicas e metodológicas inovadoras. As críticas surgiram da necessidade de organizar melhor o pensamento e de construir e tomar uma posição sobre a difícil questão de quais são efetivamente os objetivos do ensino de biologia.

No bojo do questionamento dos limites do construtivismo em sala de aula, Mortimer (2000, p. 365) aponta *"a contradição básica entre a expectativa de que os alunos construam o conhecimento e a necessidade de se ensinar conceitos aceitos por toda a comunidade científica"*. O processo de construção de conhecimento por parte dos alunos pode caminhar em uma direção não esperada ou desejada pelo professor. Mesmo considerando que o papel das aulas de ciências é introduzir o aluno na cultura científica, para o autor, o ensino por enculturação pode ser uma alternativa para essa contradição:

> *Num processo de enculturação, a forma final do conhecimento a ser construído é previsível e, por isso, o processo de construção pode apresentar esses aspectos da ciência de fronteira apenas até um certo limite. Após esse limite, o que interessa é aumentar a habilidade do estudante em lidar com um conceito ou teoria conscientemente, em situações as mais variadas possíveis. Apesar de ainda poder ser criativo, esse processo não carrega mais as incertezas e conflitos que caracterizaram o anterior* (MORTIMER, 2000, p. 366).

Nesse sentido, ele aceita que no processo de ensino e aprendizagem estejam presentes, refletidas na negociação que acontece nos discursos da sala de aula, tanto a dinâmica da

transmissão quanto da construção do conhecimento. Também propõe o que chamou de modelo de perfil conceitual para analisar a evolução conceitual em sala de aula. Este não pressupõem o abandono das concepções prévias pelos alunos, mas permite a convivência pacífica e consciente das concepções científicas e de senso-comum, valorizando o pluralismo cultural na educação científica. O papel da escola, sob essa perspectiva, é permitir a evolução de um perfil conceitual e possibilitar a tomada de consciência entre as diferentes concepções e sua adequação para cada contexto específico. Esse processo exige a intervenção de instrumentos culturais que incluem a mediação da linguagem, além de se preocupar com o papel da interação de várias vozes no contexto escolar (MORTIMER, 2000).

Também achamos que há um ponto de chegada em toda a intenção educativa. No entanto, o percurso até ele não deixa de ser criativo e pode ser múltiplo. O tamanho, a direção, as curvas, os obstáculos desse percurso vai depender das culturas que se hibridizam no processo.

Essa visão encontra suporte no referencial de *pluralismo epistemológico* que representa a valorização de todas as formas de conhecimento humano ao reconhecer as condições socioculturais determinadas em que cada um teve origem e foi construído. Para Florentino (2007), essa expressão nasce a partir da idéia de pluralismo cultural como uma resposta ao monopólio epistemológico da ciência em relação a outras esferas de representação do mundo. Cobern e Loving (2001[28] apud EL-HANI; SEPÚLVEDA, 2006) cunham o termo na tentativa de estabelecer relações entre a visão de ciência e as implicações para o ensino de ciências. Ao reconhecer a variedade dos modos de representar e ter acesso à natureza, é necessário sensibilizar a educação científica para a cultura em que os estudantes estão inseridos, instaurando um diálogo entre diferentes saberes (BAPTISTA; EL-HANI, 2006[29] apud EL-HANI; SEPÚLVEDA, 2006).

De acordo com a perspectiva do pluralismo epistemológico, El-Hani e Mortimer (2007) defendem uma *ética da coexistência* nos processos sociais de argumentação, que significa a busca por soluções possíveis por meio do diálogo e da argumentação e a coexistência de diferentes soluções quando o consenso não for atingido[30]. Nesse sentido, o

[28] COBERN, W.W; LOVING, C.C. Defining "science" in a multicultural world: implications for science education. *Science Education*, v.85, p.50-67, 2001.
[29] BAPTISTA, G.C.S.; EL-HANI, C.N. Investigação etnobiológica e ensino de biología: uma experiencia de inclusão do conhecimento de alunos agricultores na sala de aula de Biologia. In: TEIXEIRA, P. M. M (ed.) *Ensino de Ciências: pesquisas e reflexões*. Ribeirão Preto: Editora Holos, 2006.
[30] Essas idéias coincidem com as noções de comunidade comunicacional e ação comunicativa de Habermas, já discutidas neste trabalho.

objetivo do ensino de ciências seria o de *compreender* (*"understanding"*) os diferentes discursos que coexistem numa determinada esfera de atividade humana. A noção de perfil conceitual teria o papel de evidenciar aos pesquisadores e aos professores a convivência de certos conceitos que são selecionados e aplicados de acordo com o contexto apropriado, além de fornecer aos estudantes mais ferramentas para explicação do mundo e aumentar a sua consciência da diversidade dos discursos humanos sobre a natureza numa abordagem plural.[31]

No presente trabalho, em consonância com o objetivo de promover a compreensão e a coexistência dos diferentes discursos das diversas comunidades comunicacionais, entendemos que o objetivo do ensino de ciências deve ser o de propiciar aos estudantes ferramentas para que eles possam dialogar com a cultura ou as culturas científicas. Para estabelecer o diálogo, é necessário que essas ferramentas sejam da ordem do lingüístico, isto é, que eles tenham acesso e compreendam a utilização dos gêneros secundários de discurso; ao mesmo tempo em que dominem[32] os conceitos específicos àquele campo de conhecimento.

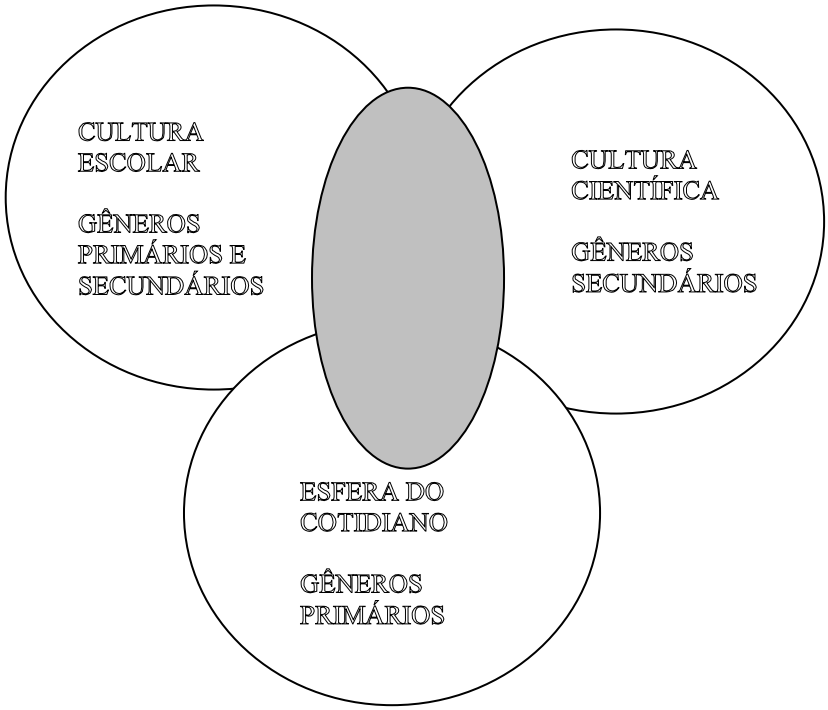
Não concordarmos que o aprendizado de ciências seja *"um processo de aquisição cultural, isto é, de enculturação"* ou que envolva *"um processo de cruzamento de fronteiras culturais* [...] *como uma experiência de aprender uma segunda cultura"* (EL-HANI, MORTIMER, 2007, p. 670), pois defendemos até aqui que o objetivo da educação é permitir ao aluno *circular*, *dialogar* com outras formas de atividade humana, inclusive a científica. Para isso, é necessário que ele compreenda a diversidade de discursos e a pluralidade de vozes envolvidos nas práticas das diversas culturas humanas. Nesse sentido, concordamos com esses autores que entender o objetivo do ensino de ciências como *compreensão*, em contraposição a uma crença ou apropriação, possa contribuir para um maior sucesso dos estudantes nessa empreitada.

No esquema abaixo, o indivíduo circula pela parte pintada de cinza, que representa as zonas de fronteiras entre as esferas do cotidiano, escolar e científica. Apesar de se dar na hibridação entre essas esferas, essa zona de contato expressa também os limites que um estudante de educação básica encontra no processo de aprendizagem – apesar de compreender

[31] É importante ressaltar que pluralismo não significa relativismo (como já discutido no capítulo 1). Valorizar as diversas esferas de atividade humana não significa considerá-las todas iguais e com o mesmo valor.

[32] Dominar aqui está em oposição a apropriar, discussão conceitual levada a cabo por Wertsch (1998). O indivíduo não necessariamente precisa se apropriar de um conceito (o que corresponderia à idéia de incorporar, de abandonar o que é seu e se tornar o outro – acepções de aculturação e enculturação discutidas no capítulo 1 desta tese) para aprendê-lo. Mas ao dominá-lo, ele entende as suas possibilidades de uso de uma ferramenta cultural (inclusive a linguagem) em certos contextos. Para El-Hani e Mortimer (2007) dominar está relacionado com compreender e apropriar, com acreditar como se fosse verdade. Esses dois grupos de conceitos são dissociados: é possível o indivíduo compreender, mas não acreditar, ou compreender e acreditar, ou ainda ter uma compreensão fraca e mesmo assim acreditar.

alguns aspectos da cultura científica suficientes para que se posicione com relação ao papel desempenhado pela ciência na sociedade, o aluno nunca se torna um praticante daquela cultura, aquela nunca se torna sua segunda cultura (a não ser que se torne um cientista e possa circular também pela parte não preenchida da esfera científica). O aprendizado e o exercício de gêneros secundários do discurso mais freqüentemente utilizados pela cultura científica seria uma ferramenta que propiciaria a circulação pela parte híbrida do esquema. Mesmo assim, a circulação do indivíduo pela cultura científica é regulada pela sua experiência vivenciada nas culturas escolares em outras esferas de atividade humana.



Retomamos, então, a epígrafe do capítulo e acrescentamos que a leitura do mundo seja uma leitura ativa, que instaure o diálogo com todos os mundos possíveis. Assim, o estudante não deve ser capaz de falar ciências, mas de falar com o cientista sobre ciência.

5. CONSIDERAÇÕES METODOLÓGICAS

Uma grande distância separa o projeto de ingresso no programa de pós-graduação da FEUSP (Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo) e o texto que se materializa neste momento. Ao contrário daquele projeto, em que os referenciais teóricos foram articulados como numa bricolagem, a construção teórica realizada neste trabalho nos permitiu elaborar uma tese a ser defendida. Não é por acaso que essa tese é enunciada somente no quarto capítulo; para isso, foi necessário um longo percurso de leituras e reflexões teóricas, além do diálogo com autores da área de pesquisa em ensino de ciências.

A natureza desse caminho está inserida numa perspectiva de pesquisa qualitativa, por conta de duas de suas características básicas: a visão holística e a abordagem indutiva. Segundo Alves-Mazzotti e Gewandsznajder (1998) e Lüdke e André (1986), a visão holísitca pressupõe a importância das inter-relações e combinações entre variáveis para que um comportamento ou um discurso possam ser compreendidos. Foi o que tentamos fazer aqui com a seleção de constructos teóricos que pudessem fornecer ferramentas para compreender o material escrito produzido por alunos em salas de aulas de biologia. A abordagem indutiva prescinde da criação de hipóteses e da busca de evidências que as comprovem antes do início dos estudos. É possível partir de questões e focos de interesse amplos que ao longo da interação com o objeto se tornam mais diretos e específicos.

No início do processo de pesquisa, as perguntas eram extremamente genéricas e amplas. A partir das leituras e reflexões teóricas, das discussões no grupo de pesquisa, das críticas no exame de qualificação e do constante contato com o objeto de análise, o foco da investigação foi se consolidando, sendo expresso em questões mais específicas.

Procuramos, neste trabalho, defender a tese mais geral que *a cultura escolar regula as modalidades de acesso dos indivíduos aos objetos da cultura científica*.

O objetivo aqui não é circunscrever o que é da cultura escolar e o que é da cultura científica na produção escrita dos alunos, mas investigar qual é a natureza da linguagem da ciência e qual é a natureza da linguagem da ciência quando presente na escola para que seja possível tecer considerações sobre o caráter híbrido do ensino de ciências, sobre o que é retido, o que é abandonado e o significado dessas escolhas.

Tendo em vista a importância do argumento nesse contato entre culturas, a tese acima enunciada pode ser desdobrada nas seguintes questões de pesquisa:

- Quais são as características do argumento quando enunciado na cultura científica?
- Quais são as características do argumento quando enunciado na cultura escolar?
- O que a comparação entre essas características pode nos dizer sobre a hibridação dessas culturas ou linguagens sociais?

Como professora de Biologia do Ensino Médio, havia a possibilidade de escolher diversos tipos de produção dos alunos, de natureza diferenciada. Foi o que aconteceu para o exame de qualificação. Selecionamos dois tipos de produção de textos de alunos: um relacionado à resposta de questões de interpretação de texto sobre a relação entre teoria celular e hereditariedade; outro relacionado à resposta de questões de avaliação individual.

No entanto, os professores que participaram do exame de qualificação, de maneira muito apropriada, apontaram críticas sobre a distância entre o referencial teórico, as perguntas de pesquisa e os dados. De lá para cá, ao mesmo tempo em que as questões de pesquisa eram mais bem elaboradas e se tornavam mais precisas, buscamos dados que efetivamente respondessem a elas.

Cabe ressaltar antes de prosseguir que o fato de a professora ser a pesquisadora é um ponto a ser considerado na metodologia de pesquisa, pois pode significar um olhar viciado sobre dados. Por isso, cuidados foram tomados ao longo da investigação. Acreditamos que o fato de a atividade ser escrita facilitou o distanciamento, já que as respostas dos alunos foram transcritas sem identificação – com o passar do tempo, a professora foi esquecendo a autoria delas. Os dados foram analisados e re-analisados, ao mesmo tempo em que, pelo menos alguns deles, foram paralelamente analisados por pesquisadores do grupo de pesquisa, primeiro de forma individual para em seguida a discussão ser travada e os diferentes pontos de vista sobre as análises serem confrontados. Na metodologia da pesquisa qualitativa, esse procedimento é conhecido como triangulação. A triangulação, como um esforço de tomar um distanciamento de uma situação familiar e com isso conferir rigor à análise, também foi realizada ao se buscar uma diversidade de fontes de dados (respostas dos alunos e textos dos cientistas) e diferentes perspectivas teórico-metodológicas de interpretação dos dados (filosofia, sociologia, análise do discurso, biologia, pedagogia) (ANDRÉ, 1998, p.48).

Em uma das seqüências didáticas desenvolvidas com alunos com 3º ano do Ensino Médio na Escola de Aplicação da FEUSP, a professora trabalhou a identificação do DNA como sendo o material portador das informações hereditárias. Como exposto na tabela a seguir, a professora desenvolveu esse tema em duas aulas expositivo-dialogadas a partir de aspectos históricos sobre a elucidação da estrutura do DNA. Uma ficha com a síntese dos passos importantes até a proposta do modelo molecular do DNA por Watson e Crick em 1953 foi entregue aos alunos (anexo 1). Dois experimentos foram centrais no estabelecimento do papel do DNA na transmissão das características hereditárias: o experimento da transformação bacteriana de Fred Griffith (1928), que Avery e colaboradores conseguiram realizar *in vitro* (1944); e, o experimento de Hershey e Chase (1952) sobre a ação de vírus bacteriófago ao infectar bactérias.[33]

Tabela 5.1. – Seqüência didática de aulas de biologia dos 3os EM para coleta de dados

DATA	CONTEÚDO	ATIVIDADE
02/04/08	O estabelecimento da teoria celular e sua relação com hereditariedade	Discussão de roteiro de leitura do texto "A descoberta da célula"
07/04/08	O estabelecimento da teoria celular e sua relação com hereditariedade	Continuação da discussão das questões sobre o texto.
09/04/08	▪ ciclo celular ▪ estrutura do núcleo celular ▪ organização dos cromossomos durante o ciclo celular	Aula expositiva com apresentação em slides.
14/04/08	▪ classificação dos cromossomos ▪ cariótipo e idiograma ▪ doenças cromossômicas	Aula expositiva com apresentação em slides. Atividade para casa: montagem de idiograma (cariótipo) com diagnóstico de síndromes.
16/04/08	Aspectos históricos sobre a elucidação da estrutura do DNA.	Aula expositivo-dialogada baseada na ficha: "A descoberta do DNA" (anexo 1).
23/04/08	Aspectos históricos da determinação do DNA como sendo o portador das informações hereditárias.	Aula expositivo-dialogada baseada na ficha: "A descoberta do DNA".
28/04/08	Aspectos históricos da determinação do DNA como sendo o portador das informações hereditárias.	Atividade em grupo com discussão da questão: Por que as conclusões dos experimentos 1 e 2 (que o DNA é o princípio transformante em bactérias e que o DNA de vírus penetra em bactérias) permitem afirmar que o DNA é o portador das informações hereditárias? *(continua)*

[33] Esses experimentos serão descritos no próximo capítulo.

DATA	CONTEÚDO	ATIVIDADE *(continuação)*
30/04/08	Aspectos históricos da determinação do DNA como sendo o portador das informações hereditárias.	Discussão com a sala inteira sobre a questão discutida em grupo da aula anterior.
05/05/08	Estrutura do DNA e do RNA.	Montagem de modelo do DNA e do RNA em grupos.
07/07/08	Avaliação individual sem consulta.	

Depois das aulas expositivas, a professora solicitou que os alunos se organizassem em grupos de 3 a 4 indivíduos e discutissem a seguinte questão: "*Por que as conclusões dos experimentos 1 e 2 (que o DNA é o princípio transformante em bactérias e que o DNA de vírus penetra em bactérias) permitem afirmar que o DNA é o portador das informações hereditárias?"*. A discussão foi socializada com a turma inteira (cada turma com 30 alunos) e, como atividade final de avaliação da seqüência, a professora solicitou que os alunos entregassem na aula seguinte por escrito a sua resposta individual.

A questão da professora solicita uma justificativa que permite a ligação entre os dados e a conclusão. Nesse sentido, as respostas dos alunos seriam caracterizadas como um argumento de acordo com Toulmin (1958/2006). Além disso, os artigos originais dos experimentos de Avery e de Hershey-Chase estão disponíveis na internet. Pensamos, então, que esses poderiam se constituir dados de pesquisa que nos permitissem responder às questões propostas. A análise dos textos científicos nos permitiria entender as características do argumento quando enunciado na cultura científica. As respostas dos alunos evidenciariam as características do argumento quando enunciado na cultura escolar. E seria possível fazer a comparação entre eles, já que tratam do mesmo tema.

Como analisar esses dados? Paralelamente ao aprofundamento teórico, buscamos ferramentas que pudessem nos auxiliar em uma análise interpretativa. O primeiro instrumento de análise são os elementos do argumento segundo Toulmin (1958/2006), que evidencia as relações que o aluno consegue estabelecer na forma de um argumento. Se ele faz isso, então é possível atribuir autoria e aprendizado.

No entanto, somente esse instrumental não seria suficiente. Diferentemente de outros pesquisadores que, de maneira coerente com sua visão construída sobre os objetivos do ensino de ciências e de acordo com suas questões de pesquisa, trazem elementos da cultura científica para verificar se o aluno se aproxima e quanto se aproxima das práticas científicas (por exemplo, SASSERON, 2008; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; BUGALLO RODRÍGUEZ; DUSCHL, 2000; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; DÍAZ de BUSTAMANTE; DUSCHL, 1998b),

nosso trabalho buscou ferramentas de análise que pudessem confrontar os textos dos cientistas com os textos dos alunos, produzidos em contextos diferentes. O referencial dos estudos da linguagem nos ajudou nesse sentido.

Encontramos categorias analíticas coerentes com nossa proposta no livro *Argumentação e linguagem* da professora de lingüística da UNICAMP Ingedore G. V. Koch (2000). Para ela, a argumentação constitui atividade estruturante de todo e qualquer discurso, já que, para além de veicular mensagens, também executa a função de efetiva interação social. Assim, o discurso, como unidade pragmática, deve conter todos os elementos necessários à sua compreensão para produzir comunicação. Baseando-se nos referenciais da análise do discurso, a autora sintetiza e propõe a identificação de marcas lingüísticas no texto que sirvam como pistas de suas significações.

Nos dois próximos itens, segue a explicitação dos instrumentos de análise.

5.1. A ESTRUTURA DO ARGUMENTO DE TOULMIN

A utilização da estrutura do argumento proposta por Toulmin (1958/2006) para a análise da argumentação de alunos em sala de aula de ciências, além de ter se mostrado muito útil em vários trabalhos de pesquisa para se verificar a presença e a qualidade da argumentação nesse contexto, é uma ferramenta interessante pois o modelo permite identificar o que é campo-invariável – aquilo que é válido como recurso lingüístico para todas as áreas –, e o que é campo-dependente – aquilo que depende de determinada área do conhecimento.

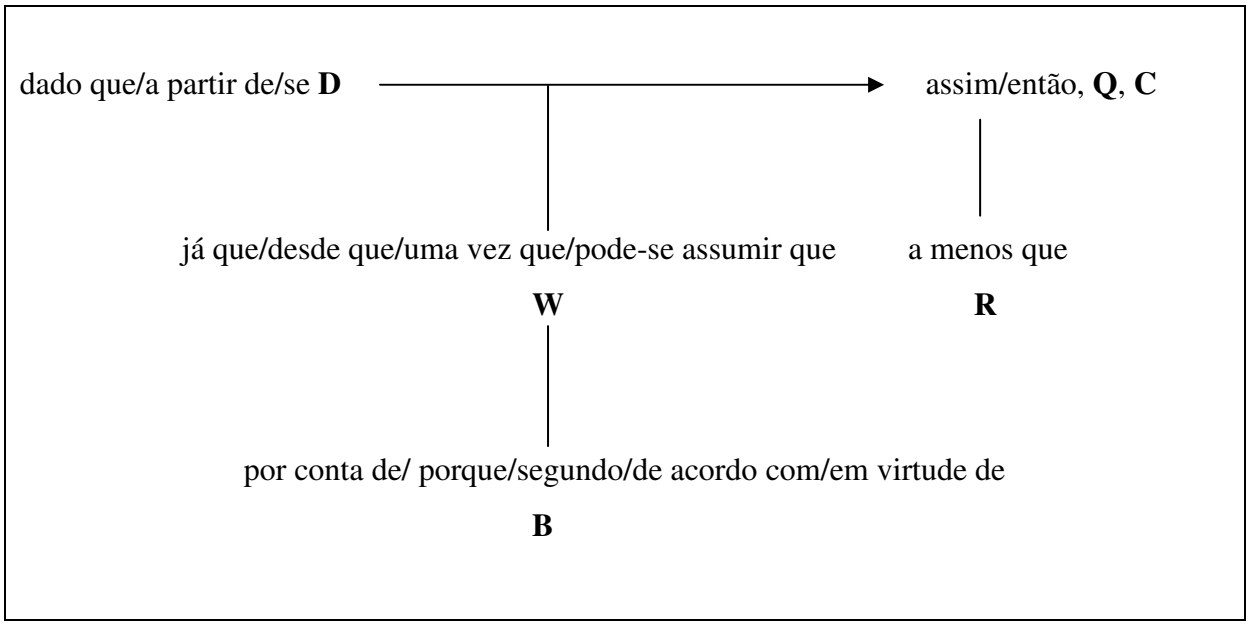
Nesse sentido, o autor elabora uma estrutura (*layout* do argumento) que pode ser utilizada para reconhecer e analisar argumentos nas mais diversas atividades humanas. Ao mesmo tempo em que depende de conhecimentos estabelecidos pela tradição ou produzidos por determinadas áreas de conhecimento para determinar a validade de um argumento. Assim, diferentemente da lógica formal, que considera a validade de um argumento como resultado imediato das relações formais entre suas partes, Toulmin não separa a estrutura e o conteúdo do argumento.

Superando a tradicional *"premissa menor, premissa maior; portanto, conclusão"*, Toulmin propõe passos (quanto mais passos, mas complexo o argumento) que levam dos *dados* à *conclusão*, já que pelo rótulo de premissas, pode-se distinguir afirmações de naturezas distintas, que podem desempenhar diferentes papéis em um argumento. Esses elementos estão abaixo relacionados.

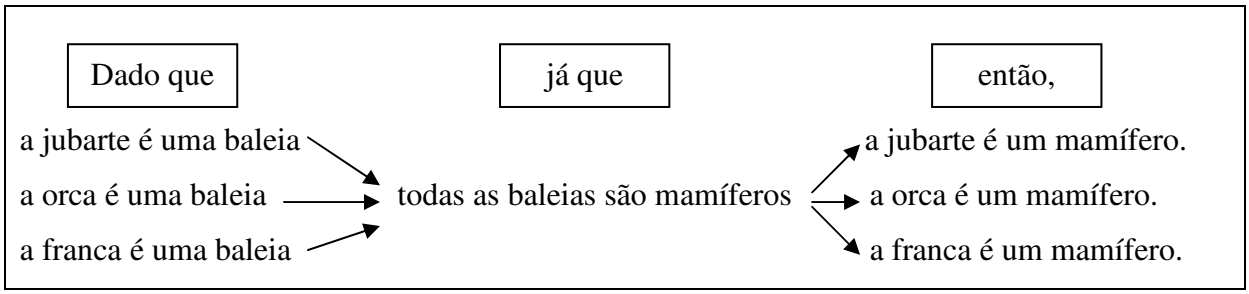
- D: dados que fundamentam alegações/conclusões/afirmações;
- C: conclusão/alegação/afirmação cujos méritos se procuram estabelecer;
- W[34]: garantia/justificação. Afirmações que autorizam o passo de D para C;
- Q: qualificador. Condições em que é possível estabelecer o passo dos dados à conclusão. Grau de força que os dados conferem à conclusão em virtude da garantia (necessariamente, presumivelmente, provavelmente);
- B[35]: conhecimento básico ou apoio. Dá autoridade às garantias, são as razões pelas quais se aceita as garantias; são as evidências pelas quais se aceitam as garantias.
- R: refutação. Condições de exceção da garantia, circunstâncias nas quais se tem de deixar de lado a autoridade geral da garantia.

[34] Optou-se neste trabalho a manter a correspondência com a palavra original: *warrants*, padrão também utilizado na tradução para o português.
[35] *Backing.*

Esses elementos se relacionam da maneira esquematizada a seguir:



Para haver um argumento, segundo Toulmin, *"é preciso apresentar dados de algum tipo; uma conclusão pura, sem quaisquer dados apresentados em seu apoio, não é um argumento"* (TOULMIN, 1958/2006, 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. Todas as garantias são gerais, legitimando todos os argumentos daquele campo. Além disso, a forma como ela permite que se passe dos dados para a conclusão é a mesma para todos os campos, para todas as esferas (podemos resumi-las na asserção "todos os A's são B's"). Por exemplo, a garantia "todas as baleias são mamíferos" autoriza diversas conclusões a partir de dados diferentes:

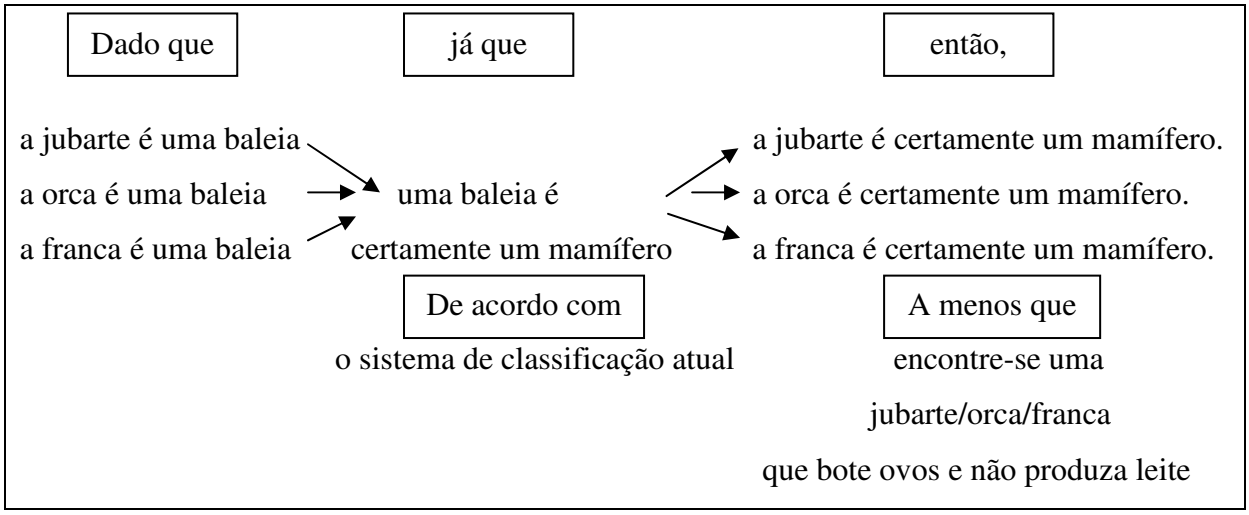


No entanto, a garantia somente será válida em virtude de certos fatos, observações, experimentos, leis e conhecimentos mediante os quais foram estabelecidas. As garantias têm avais que permitem sua formulação, *apoios* (B) que a tornam aceitáveis. O apoio é, portanto,

campo-dependente, são os tipos de apoio que mudam quando mudamos de esfera de circulação. Para o nosso exemplo, por que se pode assumir que todas as baleias são mamíferos? Nesse caso, defende-se a garantia ao relacioná-la com um sistema de classificação taxionômica: de acordo com a taxonomia atual, é aceito que todas as baleias podem ser classificadas como mamíferos (pois apresentam as características assumidas para os mamíferos).

Mas Toulmin questiona a possibilidade de emprego da forma lógica "todos os A's são B's (que seria equivalente à premissa universal dos lógicos) em situações práticas, do cotidiano: *"o 'todo' do lógico denota expectativas inadequadas que, na prática, estão condenadas ao desapontamento"* (TOULMIN, 1958/2006, p. 169). No caso apresentado, que evidência permite aceitar que *todas* as baleias são mamíferos? Não é possível para o ser humano observar todas as baleias do planeta, que já existiram ou que existem, para afirmar categoricamente que todas as suas características permitem que seja classificadas no grupo dos mamíferos. Tanto é que o próprio Toulmin diz *"um biólogo dificilmente diria "todas as baleias são mamíferos"; mas "baleias são mamíferos" ou "a baleia é um mamífero" são sentenças que saem naturalmente de seus lábios ou de sua caneta"* (TOULMIN, 1958/2006, p. 168). Essas são garantias possíveis que podem ser afirmadas a partir da taxonomia – ciência que produz generalizações de acordo com critérios de classificação.

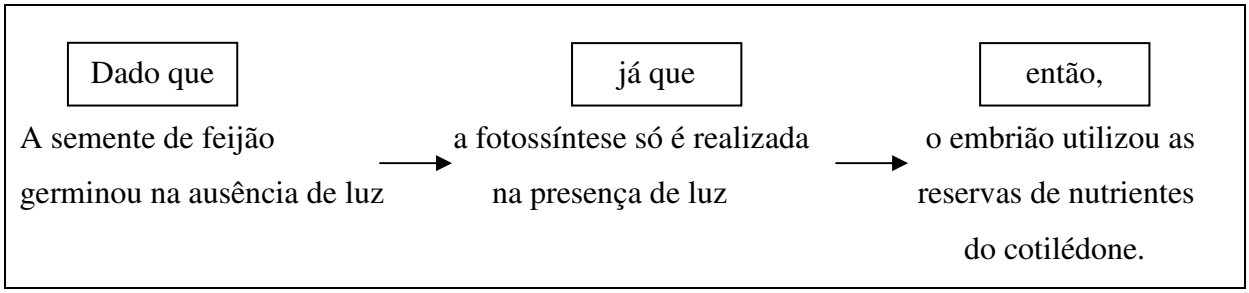
Na prática, então, as garantias possuem *qualificadores modais* (Q) que emprestam força às conclusões – termos como certamente, presumivelmente, provavelmente, necessariamente, quase nunca –, além de circunstâncias excepcionais que, em casos específicos, podem ser *refutadas* (R). O argumento do exemplo poderia então ser exposto da seguinte forma:



Diferentemente da forma lógica que considera um argumento válido somente se as premissas estiverem explícitas, para Toulmin é possível que as garantias e/ou os apoios (e mesmo os qualificadores ou as refutações) estejam implícitos. Pode-se inferir que o fato de se explicitar ou não tanto a garantia quanto o apoio esteja intimamente associado à situação de produção (ou como ele diz, ao campo). Numa audiência em que os participantes são cientistas, há garantias e apoios implícitos que não necessitam ser explicados ou apoiados, pois, para continuar o jogo e a discussão avance, são aceitos como verdades sem desafio adicional. Já na escola, muitas vezes, ao se construir conhecimento e se defender uma idéia, as mesmas garantias precisam ser explicitadas como condição de aprendizagem.

Para continuar utilizando o exemplo acima, numa discussão em um congresso sobre cetáceos, não se questiona a garantia "as baleias são mamíferos". No entanto, em uma aula de ciências cujo conteúdo a ser tratado é a classificação dos seres vivos e as razões para se classificar tal e tal organismo em tal táxon, então as garantias e/ou os apoios (ou os dois) necessariamente deverão ser explicitados.

No exemplo acima, a conclusão não apresenta ganho significativo de informação com relação à garantia, sendo um tanto tautológico. Nesse caso, o argumento é considerado *analítico*. Neles, 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, substanciais, como no exemplo abaixo:



Outro conceito importante para este trabalho é a distinção entre argumentos que usam garantias já estabelecidas: argumentos em que se aplicam garantias estabelecidas a novos dados para obter novas conclusões; e argumentos que estabelecem garantias. Nesse último caso, a garantia é que é nova e não a conclusão e, por isso, está em julgamento. Argumentos que estabelecem garantias são encontrados em ensaios científicos em que para se aceitar uma

garantia nova, ela deve ser aplicada a uma série de dados e conclusões testados de maneira independente.

No processo de construção e consolidação de enunciados de teorias científicas, há um movimento entre a indução e a dedução – elaboração de hipóteses para explicar algum problema e os testes dessas hipóteses. Assim, na história da ciência, é possível identificar argumentação que usa garantia (dedução) – quando se utiliza como garantia enunciados já aceitos pela comunidade científica – e argumentação que estabelece garantia (indução) – quando ainda se buscam evidências para a aceitação daquele enunciado pelos cientistas. Dessa forma, houve um período histórico em que os pesquisadores coletaram dados e informações sobre as baleias que permitiram alegar que as baleias são mamíferos até que se considere essa afirmação uma *verdade acima de qualquer suspeita* e seja possível então utilizá-la como garantia já estabelecida.

Na escola, a construção de conhecimento pelo indivíduo envolve a produção de argumentos que estabelecem garantias. No exemplo da baleia, é necessário que o aluno compreenda quais são as características das baleias que permitem classificá-las como mamíferos para que ele possa elaborar a garantia *"as baleias são mamíferos"*, para posteriormente ser capaz de aplicá-la para novos dados e novas conclusões (em argumentos que usam garantias).

5.2. AS MARCAS LINGÜÍSTICAS DA ARGUMENTAÇÃO

Inserida no campo da semântica pragmática, Koch (2000) revisa e organiza o que ela chama de *marcas lingüísticas* do texto que revelam as relações entre texto e evento. Por meio das marcas lingüísticas um enunciado mostra o modo como é dito. As marcas lingüísticas funcionam como pistas dadas ao leitor para permitir-lhe a apreensão adequada de suas significações. Identificá-las e compreendê-las faz parte do desenvolvimento de uma competência textual e comunicativa do ser humano.

Para nosso trabalho, as seguintes marcas lingüísticas servirão para tornar evidente as características do argumento quando enunciado em determinadas esferas.

5.2.1. Os tempos verbais no discurso

Nem sempre o tempo verbal tem vinculação direta com o tempo cronológico, mas está relacionado com os gêneros de discurso utilizados. Os tempos são agrupados em dois sistemas temporais com empregos distintos e que, normalmente, não se combinam no mesmo período:

- O grupo I envolve os tempos presente (canto), pretérito perfeito composto (tenho cantado), futuro do presente (cantarei), futuro do presente composto (terei cantado), além das locuções verbais formadas com esses tempos (estava cantando, ia cantar...).
- No grupo II está o pretérito perfeito simples (cantei), pretérito imperfeito (cantava), pretérito mais que perfeito (cantara), futuro do pretérito (cantaria) e locuções verbais formadas com tais tempos (estava cantando, ia cantar...).

O emprego de determinado tempo verbal indica o modo como o locutor apresenta o mundo, apresenta o conteúdo de uma comunicação lingüística em uma dada situação comunicativa. Os tempos do grupo I corresponderiam ao **mundo comentado**, implicando diretamente o locutor e interlocutor. A lírica, o drama, o ensaio, o diálogo, o comentário são gêneros que utilizam verbos desse grupo. Os tempos do grupo II pertenceriam ao **mundo narrado**. É o mundo do relato, de eventos relativamente distantes dos interlocutores.

É possível passar do comentar ao narrar ou vice-versa de acordo com a função daquela situação comunicativa, desde que não se comprometa a compreensão. O exemplo utilizado pela autora é o seguinte: embora normalmente se conte uma história no pretérito (grupo II), no

seu resumo será empregado o presente (grupo I). Isso porque o resumo serve de base para se fazer a crítica, comentar a obra.

No caso dos dados deste trabalho, notamos que isso acontece de maneira bastante freqüente tanto no texto dos cientistas como no dos alunos: para o relato dos experimentos são utilizados tempos verbais do grupo II, enquanto que as conclusões com um caráter mais generalizador sempre são elaboradas com verbos do grupo I. Por isso, para nós, os tempos verbais do grupo I indicarão generalização, enquanto que os tempos verbais do grupo indicarão especificidade.

5.2.2. As modalidades do discurso

O uso de modalizadores revela a atitude do locutor perante o enunciado que produz, marcando a distância relativa que se coloca em relação ao que é dito. Quando alguém recorre ao campo da necessidade, da certeza, do imperativo, das normas, o discurso apresenta-se como autoritário, como a manifestação de um saber que obriga o interlocutor a aceitá-lo como verdadeiro. Nesse caso, há a utilização de lexicalizações do tipo: é certo..., é preciso..., é necessário..., todos sabem..., é impossível..., é proibido..., não há dúvidas... etc.

O discurso também pode se situar no campo da indeterminação, do livre arbítrio, da liberdade, quando ocorrerá a utilização das lexicalizações: eu acho..., é possível..., é provável..., é permitido..., é contingente..., etc. Nesse caso, o locutor não impõe a sua opinião, o discurso apresenta-se como polêmico baseando-se não em um saber, mas em um crer que faculta a adesão do interlocutor.

Essas duas modalidades podem compor cinco eixos:

a) Alético: determina o valor de verdade das proposições. Diz respeito à verdade de um estado de coisas, aos objetos de pensamento (necessário, contingente, possível, impossível, eventual, pré-determinado).
b) Epistêmico: refere-se ao eixo da crença, reportando-se ao conhecimento que se tem sobre um estado de coisas, ao próprio pensamento (certo, contestável, excluído, plausível, decidido, indeciso).
c) Deôntico: refere-se à conduta, às normas, ao que se deve ou não deve fazer (obrigatório, facultativo, proibido, permitido, ordenado, indiferente).

d) Axiológico: refere-se aos sistemas de valores, que podem ser morais (noções de bem e de mal: moral, amoral e imoral), valores técnicos (útil, ineficaz, nocivo, inofensivo, ativo, inativo) ou valores afetivos (agradável, desagradável).
e) Quantificador: todos / tudo, não todos / poucos, nenhum / nada, ao menos alguns / muitos, tudo ou nada, alguns.

As três modalidades mais relevantes que utilizaremos na nossa análise são as aléticas, epistêmicas e quantificadoras. Em uma primeira aproximação dos dados, não encontramos as modalidades deônticas e axiológicas no tipo de atividade e texto analisados.

Certas expressões da língua apresentam o efeito modalizador e, portanto, são consideradas orações ou expressões modalizadoras. São exemplos: *tenho certeza que..., é evidente que..., é possível que..., eu afirmo que...*

5.2.3. Operadores argumentativos

São elementos discursivos que tem a função de orientar o interlocutor para certos tipos de conclusão, em detrimento de outra, determinando encadeamentos possíveis entre os enunciados. Grande parte da força argumentativa do texto está na dependência dessas marcas lingüísticas. São eles:

a) Mesmo, até, até mesmo, inclusive: indicadores do argumento mais forte para uma dada conclusão.
b) Ao menos, pelo menos, no mínimo: indicadores do argumento mais fraco para uma dada conclusão.
c) E, também, nem, tanto... como, não só..., mas também, além de, além disso etc.: indicadores de encadeamentos entre enunciados orientados para uma mesma conclusão.
d) Ainda: indicador de excesso ou introdutor de mais um argumento a favor de determinada conclusão.
e) Já: indicador de mudança de estado.
f) Aliás, além do mais: acrescenta um argumento como se fosse desnecessário.
g) Mas, porém, contudo, embora etc.: indicadores de oposição entre elementos semânticos explícitos ou implícitos.

h) Isto é, quer dizer, ou seja, em outras palavras: função de esclarecer, retificar, desenvolver uma enunciação anterior com a função de ajustamento, precisão de sentido, podendo encerrar um argumento mais forte no sentido de uma determinada conclusão.
i) Tudo / todos, nada / nenhum: quantificadores que dão seqüência ao discurso.

5.2.4. Relações interfrásticas

São as relações entre orações. Para convencer um auditório, as relações entre orações, podem ser dos seguintes tipos:

a) Conjunção: quando se afirmam dois estados de coisas conjuntamente, de modo que ela será verdadeira se e somente se ambas as proposições forem verdadeiras (orações ligadas pelo operador *e* e afins).
b) Disjunção: para ser verdadeira, exige que pelo menos um de seus termos o seja (orações ligadas pelo operador *ou* e afins).
c) Condicionalidade: quando se combina duas proposições entre as quais existe um antecedente e um conseqüente relacionados e implicados (oração do tipo *se....então*)

5.2.5. Seleção lexical

A escolha das palavras para a construção do texto não é neutra, mas munida de alta carga argumentativa. É através dela que se estabelecem as oposições, os jogos de palavras, as metáforas. É também por meio da utilização de determinados léxicos específicos que o locutor marca a sua inserção em determinado campo, cultura, esfera social. Isso define um **campo lexical**: conjunto de palavras empregadas para designar, qualificar, caracterizar, significar uma noção, uma atividade, uma técnica, uma pessoa.

Nesse caso, consideramos além do vocabulário específico e técnico, a utilização do plural e do singular como forma de seleção lexical relativa à referência aos seres vivos. Isso é importante, pois é considerado conhecimento de biopopulação relevante em biologia.

6. ANÁLISE DOS DADOS

Em um primeiro momento, realizamos uma análise descritiva dos textos dos cientistas, da questão da professora e da amostra de dez alunos. Os dados são apresentados de diversas maneiras, de acordo com o que queremos enfatizar.

No caso da análise dos artigos dos cientistas, fizemos uma análise na forma de texto, selecionando trechos dos textos originais na forma de citação direta. Quando pertinente, elaboramos figuras classificando pequenos trechos de acordo com o padrão do argumento de Toulmin. Por último, fizemos uma tabela síntese com as categorias de análise e em seguida tecemos considerações com relação à questão da pesquisa.

Sentimos necessidade também de fazer a análise da pergunta proposta pela professora que gerou as respostas dos alunos. Também elaboramos uma tabela síntese com as marcas lingüísticas identificadas.

A análise das respostas dos alunos também foi apresentada de várias maneiras. Primeiramente, reproduzimos a resposta integral do aluno na forma de caixa de texto. Em seguida, a análise é feita de modo descritivo segundo nossos referenciais de análise. A identificação dos elementos do argumento seguindo o padrão de Toulmin é apresentada de duas maneiras: na forma de quadros que separam os argumentos do aluno, ao mesmo tempo em que tornam claras as relações estabelecidas (foi importante o exercício dessa forma de apresentação para entender a função que cada trecho do texto desempenha); e depois é feita uma síntese na forma de tabela. Na seqüência é apresentada uma tabela síntese das marcas lingüísticas encontradas no texto de cada aluno.

Procuramos sintetizar as marcas encontradas nos textos de cada aluno em uma tabela final, que generaliza os dados por aluno para que, por último, pudéssemos realizar uma comparação entre as análises desses dados.

6.1. ANÁLISE DOS TEXTOS DOS CIENTISTAS

Os artigos científicos que serão analisados neste trabalho foram encontrados em uma página da internet intitulada *"Linus Pauling and the race for DNA: a documentary history"*[36], que disponibiliza mais de 800 documentos em diferentes formatos (vídeos, áudios, fotografias, artigos científicos, cartas, manuscritos) com o intuito de narrar o percurso que culminou na determinação da estrutura de dupla-hélice do DNA. Na seção *artigos publicados*, são disponibilizados na íntegra os 15 artigos e a capa de um livro. Os artigos e o livro são considerados pelos produtores da página centrais nessa corrida, que teve início em 1940 e foi 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. Apesar do experimento de Avery e colaboradores não ter recebido muita atenção quando de sua publicação, o trabalho de Hershey e Chase foi definitivo para convencer a comunidade científica sobre o papel do DNA.

O texto original de Avery, MacLeod e McCarty (1944) está disponível na íntegra no anexo 2 e o artigo original de Hershey e Chase (1952) está no anexo 3.

6.1.1. Análise da publicação de Avery, MacLeod e McCarty (1944)[37]

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* (uma frase), *bibliografia* (uma página), *explicação da figura 1* (uma página) e *figura 1* (uma página).

---

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

[37] AVERY, O.T.; MacLEOD, C.M. and McCARTY, M. Studies on the chemical nature of the substance inducing transformation of pneumococcal types: induction of transformation by a desoxyribonucleic acid fraction isolated from pneumococcus type III. In: **Journal of Experimental Medicine**, vol.79, no.1, 1944. Acessado de http://osulibrary.oregonstate.edu/specialcollections/coll/pauling/dna/papers/avery.html em 16/09/2008.

Podemos considerar que todo o texto é um argumento para se chegar à conclusão expressa em uma única frase:

> *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)[38].

Na introdução[39], são relatados experimentos anteriores, principalmente o de Griffith (1928[40] apud AVERY; MAcLEOD; McCARTY, 1944), nos quais os autores chegam aos mesmos resultados e elaboram as mesmas conclusões: formas R de *Pnemococcus* 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 idéia e os detalhes da publicação escrita (ao longo do texto e na bibliografia). Com relação ao aspecto da *pessoa do discurso*, nessa e nas outras seções, é comum que o sujeito das frases seja atribuído ao próprio artigo: *"O presente artigo está preocupado com..."* (p. 138), *"O presente estudo lida com..."* (p. 152). Enquanto que foi possível identificar somente um caso, ao longo de todo o artigo, de presença da primeira pessoal do plural (*"Nós temos experiência..."* (p. 138)). A terceira pessoa do singular ou do plural é 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 será utilizada como *garantia* pelos autores do artigo.

---

[38] Nesta 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.

[39] Na verdade, não há esse título, o texto tem início logo depois das informações sobre os autores e de data de submissão.

[40] GRIFFITH, F. The significance of pneumococcal types. *J. Hyg.*, v. 27, p. 113-159, 1928. A partir de agora, vamos nos referir a esse trabalho como somente "experimento de Griffith".

Nessa parte do texto, podem-se identificar claramente os elementos do argumento de Toulmin (nas minhas palavras e de maneira simplificada):

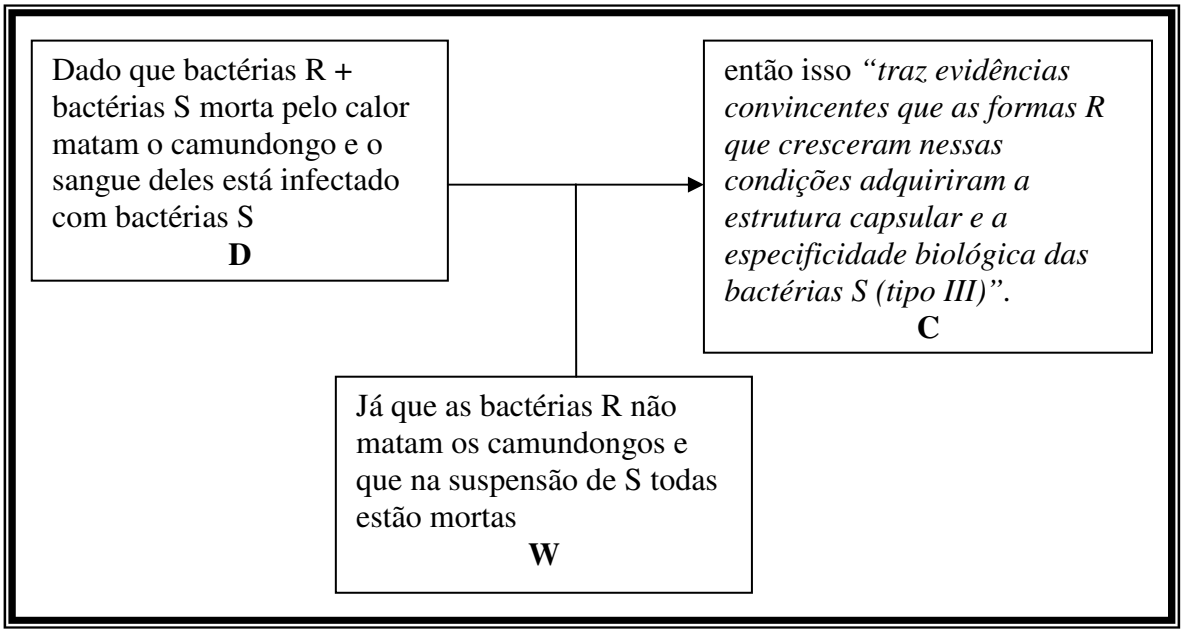


Figura 6.1. – Exemplo de argumento substancial no texto do cientista.

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 do 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 (pretérito perfeito composto: *"biólogos têm tentado..."* ou presente: *"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, bactéria"*).

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 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 (*"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 ribonucléico ou uma proteína suscetível a ação de enzimas trípticas* (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.

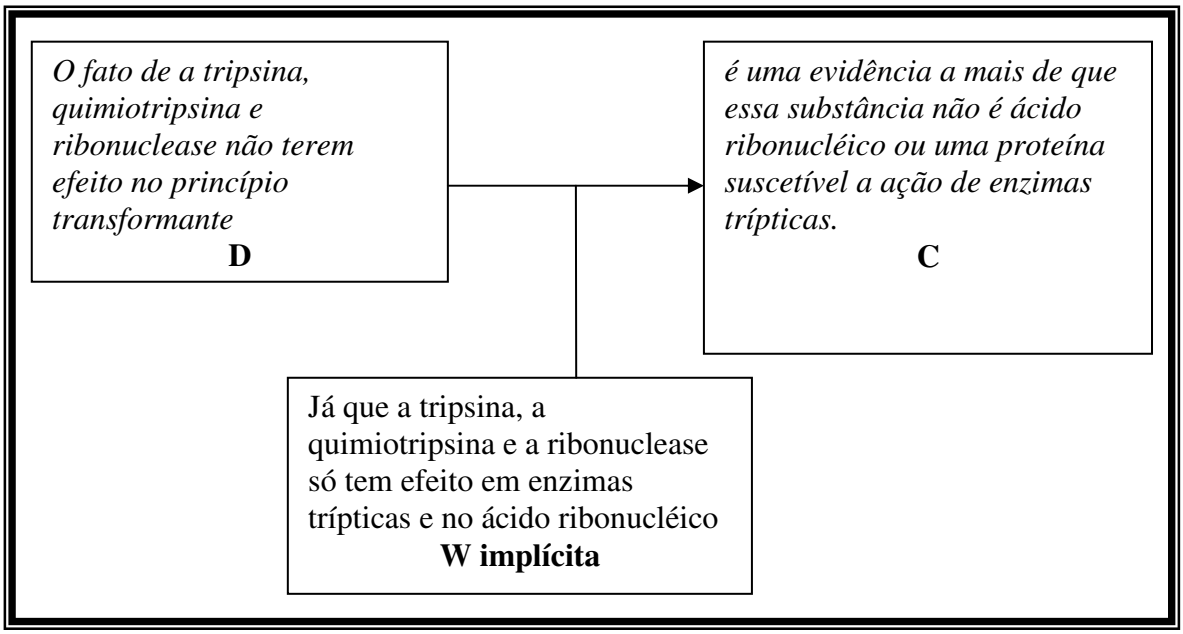


Figura 6.2. – Exemplo de argumento analítico no texto do cientista.

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

> *O fato que a atividade transformante é destruída somente pelas preparações contendo depolimerase de ácido desoxirribonucléico e o outro fato 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 nucléico 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 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 em 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), confere credibilidade e força na persuasão dos leitores.

A análise do trecho abaixo 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 nucléicos, 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 nucléicos 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 nucléicos 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 isso a partir da descrição dos resultados dos experimentos e de sua transformação em inscrições literárias. As garantias são evidenciadas 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. Podemos representar o grande argumento do texto no seguinte esquema:

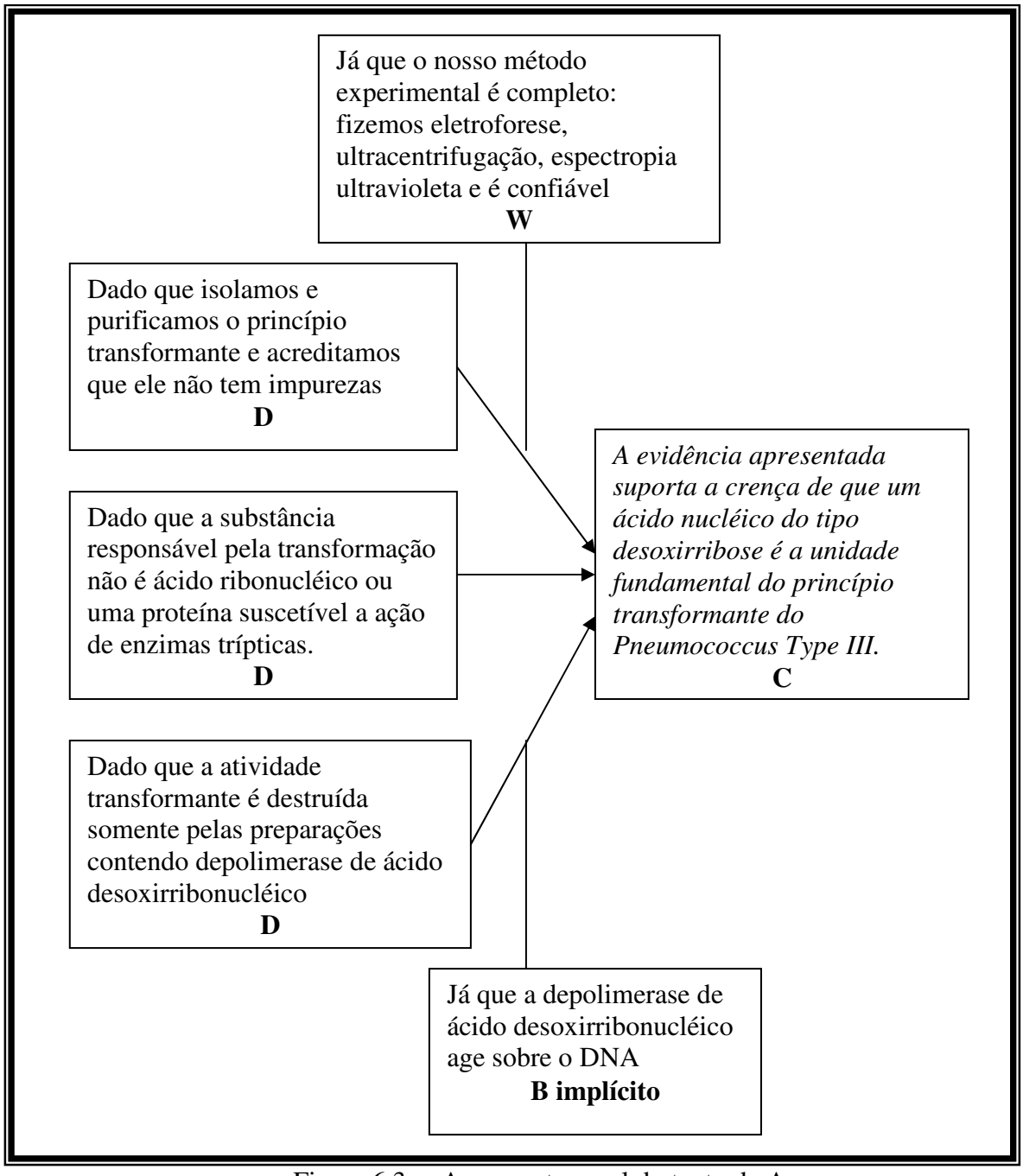


Figura 6.3. – Argumento geral do texto de Avery.

6.1.2. Análise da publicação de Hershey e Chase (1952)[41]

Assim como a publicação analisada anteriormente, esse artigo é bem mais complexo do que o relatado no livro didático ou pela professora em sala de aula. 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 nucléico da partícula viral, depois da qual a maior parte da proteína contendo enxofre não tem mais função adicional* (p. 39).[42]

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 passado 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 na sua 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:

---

[41] HERSHEY, A.D. and CHASE, M. Independent functions of viral protein and nucleic acid in growth of bacterophage. In: ***The Journal of General Physiology***, Vol. 36, No 1, p. 39-56, 1952. Acessado de http://www.jgp.org/cgi/reprint/36/1/39 em 11/09/2008.

[42] Nesta seção, todas as páginas citadas em parênteses se referem ao texto de Hershey e Chase (1952). Optamos por não inserir a citação completa para permitir uma leitura mais fluida. Além disso, todas as citações diretas são traduções livres nossas.

> *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 seus experimentos 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 seus 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 do seu texto se referir exclusivamente ao funcionamento do bacteriófago T2 e da cautela do último parágrafo, não foi assim que seus resultados foram recebidos pela comunidade científica quando os pesquisadores os apresentaram no Congresso Internacional de Bioquímica (realizado em Paris em 1952). Nesse momento, para compreender a essência do material genético, os pesquisadores tinham que voltar seus 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 em que tem sido confirmada pelos resultados de pesquisas em diversos níveis (desde a estrutura química do DNA, até o seu modo de expressão gênica, além de pesquisas em biologia do desenvolvimento, fisiologia e biologia evolutiva).

O argumento analítico defendido por Hershey-Chase pode ser esquematizado da seguinte maneira:

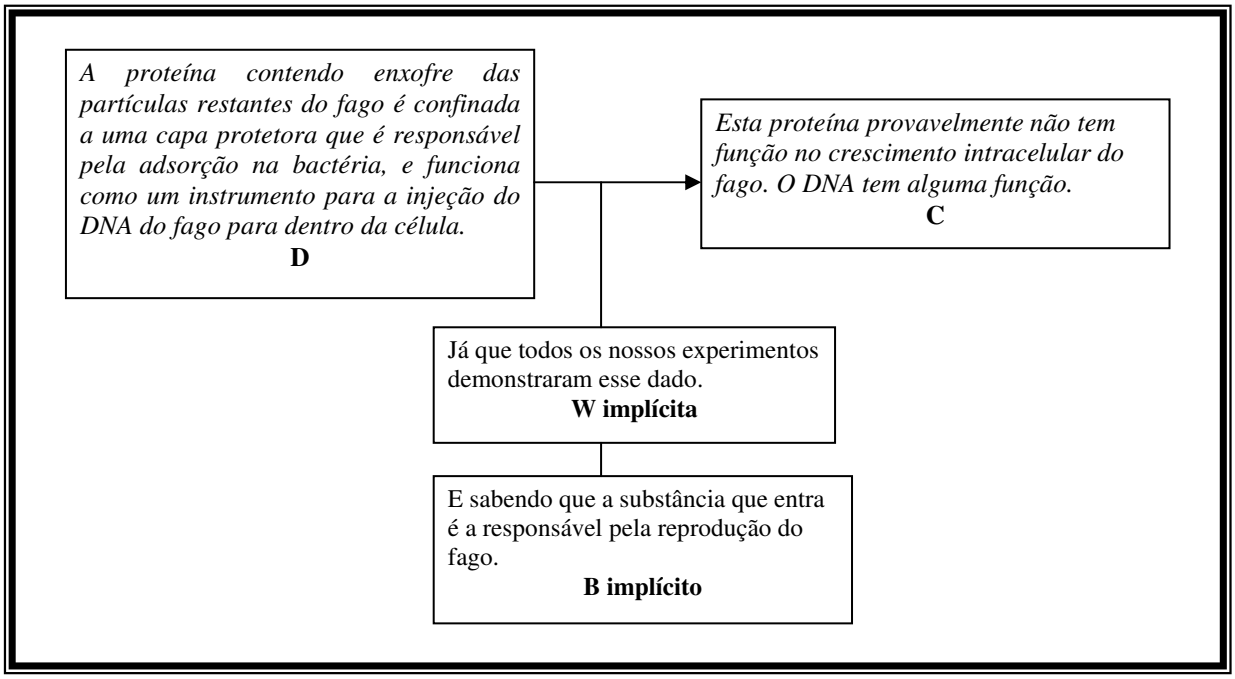


Figura 6.4. – Argumento geral do texto de Hershey-Chase.

A partir da análise realizada nos itens 6.1.1 e 6.1.2, foi possível fazer uma síntese das características dos textos dos cientistas, exposta na tabela a seguir.

Tabela 6.1. – Síntese da análise dos textos científicos.

Indicadores utilizados como categorias de análise		**Indicadores encontrados nos textos dos cientistas**
Tempo verbal	Grupo I: indica relação de implicação/mundo comentado. Indica inferência/generalização.	Aparece quando os autores se referem ao próprio trabalho para explicar algum resultado e/ou realizar alguma inferência/generalização.
	Grupo II: indica referencialidade/mundo narrado. Indica especificidade.	Aparece quando descrevem/relatam outros experimentos ou para se referir a algum resultado específico.
Pessoa do discurso	3ª pessoa do singular ou plural: indica referencialidade e a autoria do trabalho.	Aparece quando os autores se referem a outros trabalhos. É freqüente a referência nominal a outros autores.
	1ª pessoal do singular ou plural: indica implicação e autoria.	Aparece quando os autores se referem ao próprio trabalho. É freqüente o uso impessoal do trabalho como sujeito.
Modalizadores ou expressões modalizadoras	Epistêmicas: discurso persuasivo.	Aparece na discussão.
	Aléticas: discurso autoritário.	Aparece na conclusão.
	Quantificadoras	Aparece na discussão.
Operadores argumentativos	Indica o direcionamento do locutor para somente uma conclusão possível.	*E, de fato, uma vez que, mais do que isso, portanto, não só... mas também, se...então.* A relação condicional é mais freqüente na discussão e a relação de conjunção é mais freqüente na conclusão.
Seleção lexical	Palavras que indicam eixo epistêmico (do crer).	*Evidência, hipótese, sugere, crença.*
	Palavras que indicam eixo alético (do saber).	*Demonstrou, mostrou, fato, descoberta, provar.*
	Plural ou singular para os seres vivos: indica biopopulação.	Aparece o plural. O singular aparece no texto de Hershey-Chase nas conclusões gerais (*phage).*
Argumento	Substancial	Aparece.
	Analítico	É o argumento geral dos textos.
Argumento	Que estabelece garantia	Resultados de vários experimentos ao longo do artigo
	Que usa garantia	Estabelecida pela validade dos resultados dos experimentos para afirmar sua conclusão final

A partir dessa tabela, é possível responder a uma das questões propostas neste trabalho, que podemos especificar de acordo com nossos dados de pesquisa. 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?

Nos dois textos, ocorre a utilização alternada entre tempos verbais do grupo I (presente) do grupo II (passado), 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 freqüente 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 freqüente 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 idéia do provisório em ciência, alguns aspectos são tomados como verdade para se poder avançar, o que é compatível com a idéia de Latour (2000) de que não há racionalidade pura nos textos científicos e que eles são impregnados de retórica, de intenção de persuasão 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 de seu projeto. Também houve a utilização da 1ª pessoa do plural quando eles se referiam ao seu procedimento de investigação. 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 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 imediatamente que os cientistas aceitaram mudar seu foco de 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 dessa 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[43]. 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).

[43] http://osulibrary.oregonstate.edu/specialcollections/coll/pauling/dna/narrative/page16.html acessado em 27/01/2009.

6.2. ANÁLISE DA QUESTÃO PROPOSTA PELA PROFESSORA

Como atividade avaliativa final da seqüência didática desenvolvida, a professora solicitou que os estudantes elaborassem um pequeno texto em resposta a seguinte questão.

Questão
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?

A produção de texto dos alunos foi individual, mas houve momento anterior (uma aula) em que eles tiveram a oportunidade de discutir em pequenos grupos a questão para, posteriormente, elaborarem em casa a resposta definitiva.

A pergunta da professora solicita aos alunos que relacionem dados – as conclusões dos experimentos 1 e 2 – com a afirmação de que o DNA é o portador das informações hereditárias. Assim, é esperado que as respostas dos alunos explicitem e/ou expliquem esses dados, além de fornecerem as garantias e conhecimentos básicos que liguem esses dados à afirmação já discutida em aulas anteriores.

A tabela a seguir sintetiza as marcas lingüísticas encontradas na frase. Interessante notar que a professora se utiliza de uma modalidade alética, que confere valor de verdade às proposições, para estabelecer a sua solicitação aos alunos. Além disso, o tempo verbal presente e os dados sendo tomados como sujeito da oração indicam a generalização admitida pela professora: o DNA é o portador das informações hereditárias e os operadores argumentativos utilizados (*porque* e *e*) indicam somente uma direção na qual os alunos devem argumentar. Um erro comum, que dificulta o aprendizado de biologia, é a utilização do singular para se referir a uma população de seres vivos (o experimento dos cientistas não foi realizado somente com um exemplar de vírus ou bactéria nem camundongo e isso não é somente uma concepção errônea sobre a prática do experimento, mas constitui obstáculos ao aprendizado de outras áreas da biologia, como evolução).

Com relação ao argumento, apesar de solicitar garantias, podemos dizer que solicita argumentos substanciais na medida em que os dados e a conclusão não são tautológicos.

Tabela 6.2. – Análise da questão proposta pela professora.

Marcas utilizadas como categorias de análise		**Marcas encontradas na questão da professora**
Tempo verbal	Grupo I: indica relação de implicação/mundo comentado. Indica inferência/generalização.	Utilizado tanto para o dado como para a conclusão.
	Grupo II: indica referencialidade/mundo narrado. Indica especificidade.	Não aparece.
Pessoa do discurso	3ª pessoa do singular ou plural: indica referencialidade e a autoria do trabalho.	Os dados são o sujeito.
	1ª pessoal do singular ou plural: indica implicação e autoria.	Não aparece.
Modalizadores ou expressões modalizadoras	Epistêmicas: discurso persuasivo.	Não há.
	Aléticas: discurso autoritário.	Não há modalização explícita. Mas a expressão *"permitem afirmar que"* têm um efeito modalizador alético, pois conferem valor de verdade ao discurso: "*O DNA é...*".
	Quantificadoras	Não há.
Operadores argumentativos	Indica o direcionamento do locutor para somente uma conclusão possível.	*Porque, e.*
Seleção lexical	Palavras que indicam eixo epistêmico (do crer).	Não há.
	Palavras que indicam eixo alético (do saber).	*Permitem afirmar.*
	Plural ou singular para os seres vivos: indica biopopulação.	Aparece o singular.
	Palavras ou expressões que indicam correção ou confusão conceitual	----------

6.3. ANÁLISE DAS RESPOSTAS DOS ALUNOS

Uma amostra de dez alunos foi escolhida de um universo de sessenta estudantes do 3º ano do Ensino Médio divididos em duas turmas de trinta alunos. Essa amostra foi selecionada de maneira aleatória e os alunos foram designados pelos números de 1 a 10. Depois de uma primeira análise de acordo com os elementos do argumento de Toulmin, foram descartados aqueles textos que somente apresentavam argumentos analíticos. Outros textos foram escolhidos até que se completasse a amostra de 10 alunos. Em cada item, foram transcritas exatamente na íntegra as respostas dos alunos à questão da professora.

6.3.1. Análise da resposta do aluno 1

Aluno 1
Podemos afirmar que o DNA é o portador das informações hereditárias, porque no primeiro experimento quando foi colocado as bactérias que causava a doença (morta) e as bactérias que não causava a doença (viva) esperava-se que o rato não morresse. Mas as informações hereditárias das bactérias mortas passam para as outras bactérias. Assim, o DNA foi modificado e quando reproduzido, seus filhos terão as novas características da mãe, podendo causar a doença. *No segundo experimento, conclui-se que o DNA passa as informações, pois foi encontrado fósforo radioativo dentro da bactéria, sendo que o fósforo havia sido colocado antes no DNA do vírus. O vírus se reproduziu e matou a bactéria.* *Observa-se que em ambas as situações foi por meio do DNA que houve mudanças e que os descendentes adquirem as novas informações, concluindo que é no DNA que estão presentes as informações hereditárias.*

Mesmo com uma confusão conceitual e com a omissão de informações (o aluno não diz explicitamente que os camundongos do experimento morreram, mas supõem-se isso pela refutação) o aluno 1 desenvolve as relações entre dados e conclusões como a atividade solicitava. Os dados e garantias têm a forma de relato ao se referir às descrições dos experimentos discutidos com o uso do tempo verbal passado, enquanto que nas conclusões é utilizado o presente do indicativo como modo de generalização. Há implicação no discurso, quando transforma a terceira pessoa do plural (*"permitem afirmar"*) da questão em primeira pessoa do plural (*"podemos afirmar"*) em uma das suas conclusões. O texto revela a modalização alética, com valor de verdade nas afirmações, reproduzindo a professora, com vários operadores argumentativos que direcionam para somente uma conclusão possível. Da

mesma forma que na questão, o aluno utiliza o singular para se referir à biopopulação. Para estabelecer o argumento central no seu texto, usa garantia estabelecida nos argumentos anteriores que são a descrição/relato dos experimentos e seus resultados.

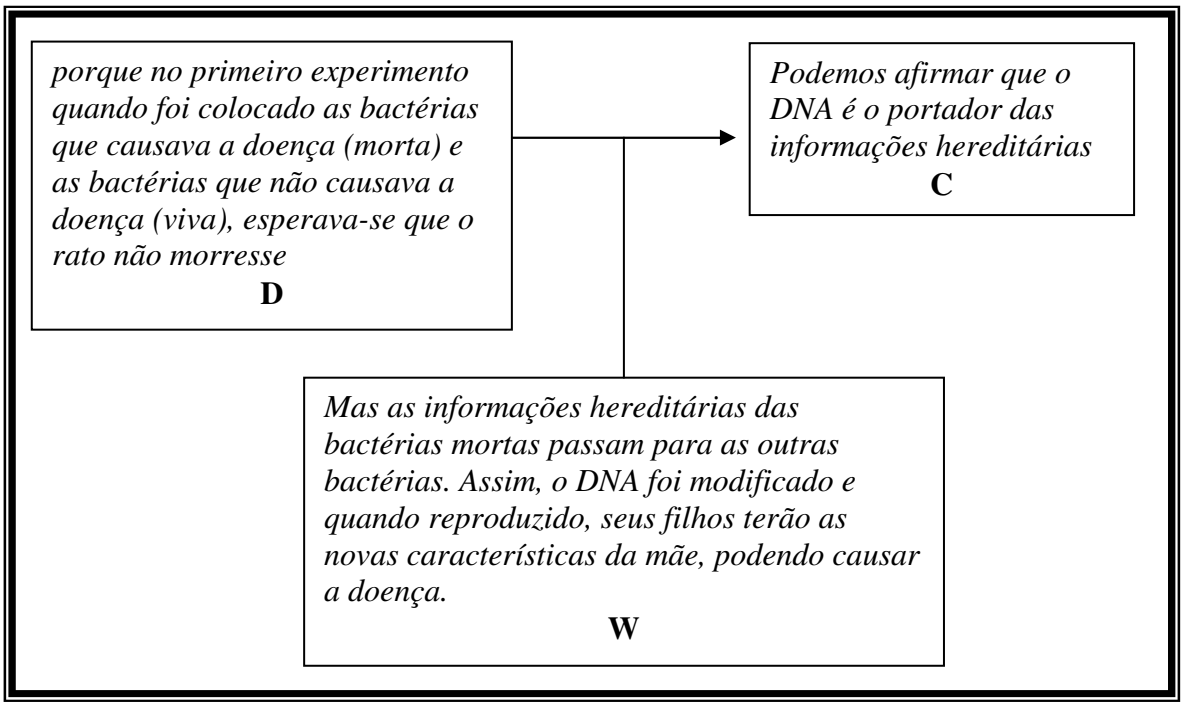


Figura 6.5: Argumento 1 do aluno 1

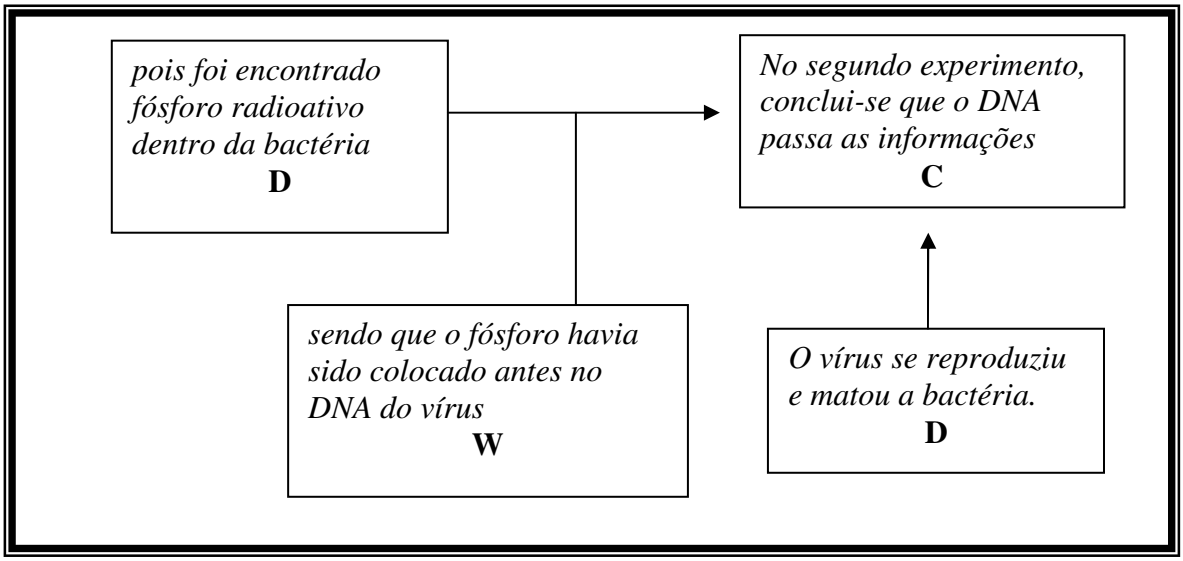


Figura 6.6: Argumento 2 do aluno 1

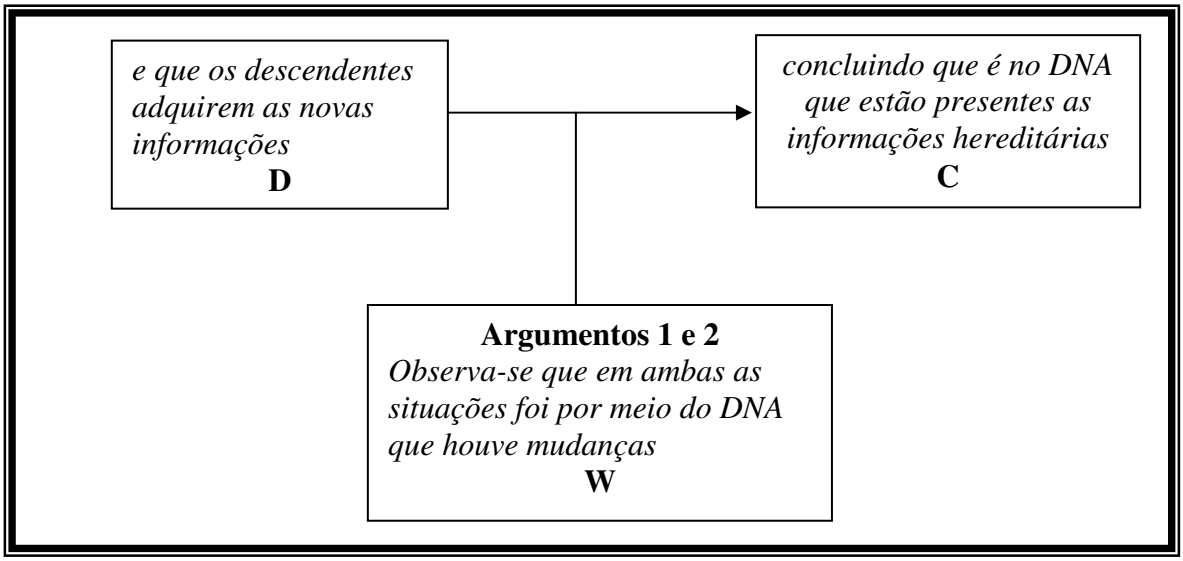


Figura 6.7: Argumento 3 do aluno 1

Tabela 6.3 – Classificação dos elementos do argumento do aluno 1 segundo Toulmin (1958/2006)

	D	C	W	B	Q	R
Argumento 1	*porque no primeiro experimento quando foi colocado as bactérias que causava a doença (morta) e as bactérias que não causava a doença (viva), esperava-se que o rato não morresse.*	*Podemos afirmar que o DNA é o portador das informações hereditárias*	*Mas as informações hereditárias das bactérias mortas passam para as outras bactérias. Assim, o DNA foi modificado e quando reproduzido, seus filhos terão as novas características da mãe, podendo causar a doença.*			
Argumento 2	*pois foi encontrado fósforo radioativo dentro da bactéria* *O vírus se reproduziu e matou a bactéria.*	*No segundo experimento, conclui-se que o DNA passa as informações*	*sendo que o fósforo havia sido colocado antes no DNA do vírus*			
Argumento 3	*e que os descendentes adquirem as novas informações*	*concluindo que é no DNA que estão presentes as informações hereditárias*	**Argumentos 1 e 2** *Observa-se que em ambas as situações foi por meio do DNA que houve mudanças*			

Tabela 6.4 – Análise da resposta do aluno 1.

Marcas utilizadas como categorias de análise		**Marcas encontradas na resposta do aluno 1**
Tempo verbal	Grupo I: indica relação de implicação/mundo comentado. Indica inferência/generalização.	Utilizado nas conclusões.
	Grupo II: indica referencialidade/mundo narrado. Indica especificidade.	Aparece quando descreve / relata outros experimentos ou para se referir a algum resultado específico. Nos dados e garantias.
Pessoa do discurso	3ª pessoa do singular ou plural: indica referencialidade e a autoria do trabalho.	C*onclui-se, esperava-se.* Aparece em uma refutação e em conclusões menos genéricas, referentes a experimentos específicos. Não é autor do experimento, mas pode ser autor da conclusão final do seu texto.
	1ª pessoal do singular ou plural: indica implicação e autoria.	Aparece na conclusão (*"Podemos afirmar"*).
Modalizadores ou expressões modalizadoras	Epistêmicas: discurso persuasivo.	Não há.
	Aléticas: discurso autoritário.	Não há modalização explícita. Mas as expressões *"Podemos afirmar que"* e *"conclui-se que"* têm um efeito modalizador alético.
	Quantificadoras	Não há.
Operadores argumentativos	Indica o direcionamento do locutor para somente uma conclusão possível.	*Porque, mas, assim, pois, sendo que, e*. Indicam conjunção.
	Indica oposição	Não há.
Seleção lexical	Palavras que indicam eixo epistêmico (do crer).	Não há.
	Palavras que indicam eixo alético (do saber).	*Observa-se que.*
	Plural ou singular para os seres vivos: indica biopopulação.	Aparece o singular.
	Palavras ou expressões que indicam correção ou confusão conceitual	Confusão conceitual: "*seus filhos terão as novas características da mãe*".
Argumento	Substancial	Argumentos 1 e 2.
	Analítico	Argumento 3.
Argumento	Que estabelece garantia	Argumentos 1 e 2.
	Que usa garantia	Argumento 3.

6.3.2. Análise da resposta do aluno 2

Aluno 2
Há tempos os cientistas procuravam descobrir qual seria o fator que transmite as características hereditárias. *Em 1928, Fred Griffith propôs um experimento onde bactérias S transmitiam pneumonia a um camundongo, e as bactérias R, que não transmitiam a doença. As bactérias S, quando mortas (por calor), não adoecem o camundongo, mas se, mesmo mortas, unidas a bactérias R, fazem com que as R (vivas) se transformem em bactérias S, e passem a matar o camundongo. Essa transformação também foi vista 'in vitro' (em 1944).* *Com esses experimentos, foi provado em algo dentro da célula é que transmite as informações hereditárias. Esse "algo" foi chamado de princípio ativo.* *Em 1944, Avery descobriu qual a composição desse princípio. Colocando amilases, proteases, ribonucleases e desoxirribonucleases, descobriu-se que o princípio estudado era a desoxirribose (ou DNA), pois o único reagente que modificou a substância (princípio) foi a desoxirribonuclease.* *A partir disso, concluiu-se que o DNA é o material genético, responsável pela hereditariedade. Embora isso tenha gerado contra-argumentos, 1952 isso foi confirmado com amostras ainda mais conclusivas, nas quais o DNA foi identificado visualmente e permitiu ver seu caminho nas células, confirmando a importância do DNA.*

De maneira correspondente ao aluno 1, o aluno 2 também comete alguns erros conceituais, no entanto, estabelece as relações de forma adequada, efetuando quase todos os elementos do padrão argumentativo de Toulmin (não apresenta o conhecimento básico). Utiliza o tempo presente somente no relato de um dos experimentos, tomando como lei geral a transformação das bactérias. Interessante notar que, ao relatar o experimento da transformação bacteriana, dados e garantias fazem parte juntos da narrativa. Talvez esse seja o motivo da utilização do tempo presente. No restante do texto, somente o passado é utilizado. Mesmo a generalização solicitada na questão da professora é respondida com o tempo passado (*concluiu-se*). Outro aspecto interessante é a utilização dos nomes dos cientistas para conferir-lhes autoria do experimento. Claramente a modalidade alética é utilizada por meio das expressões *"foi provado que"*, *"foi confirmado que"* e *"conclui-se que"* e também pelo qualificador *"único"*. Há a alternância entre a utilização do singular e do plural: singular para camundongo e plural para bactérias.

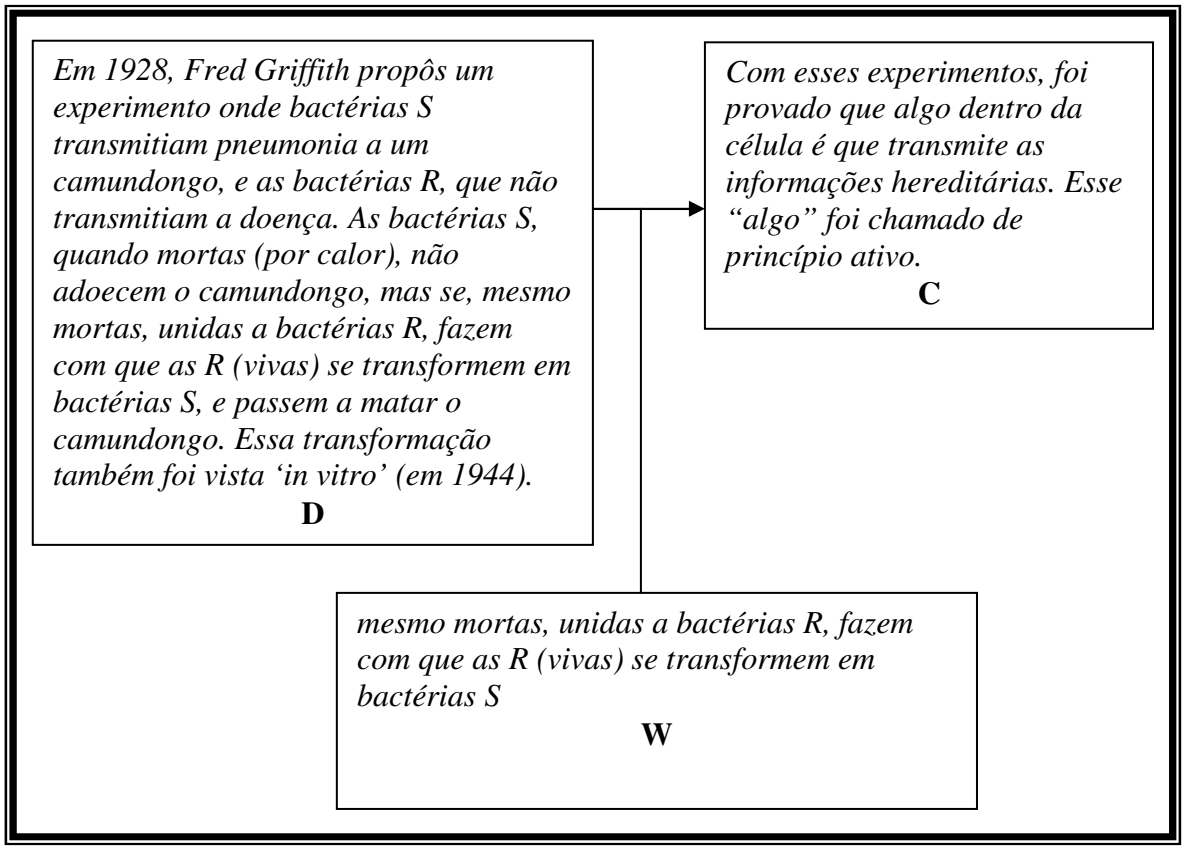


Figura 6.8 Argumento 1 do aluno 2

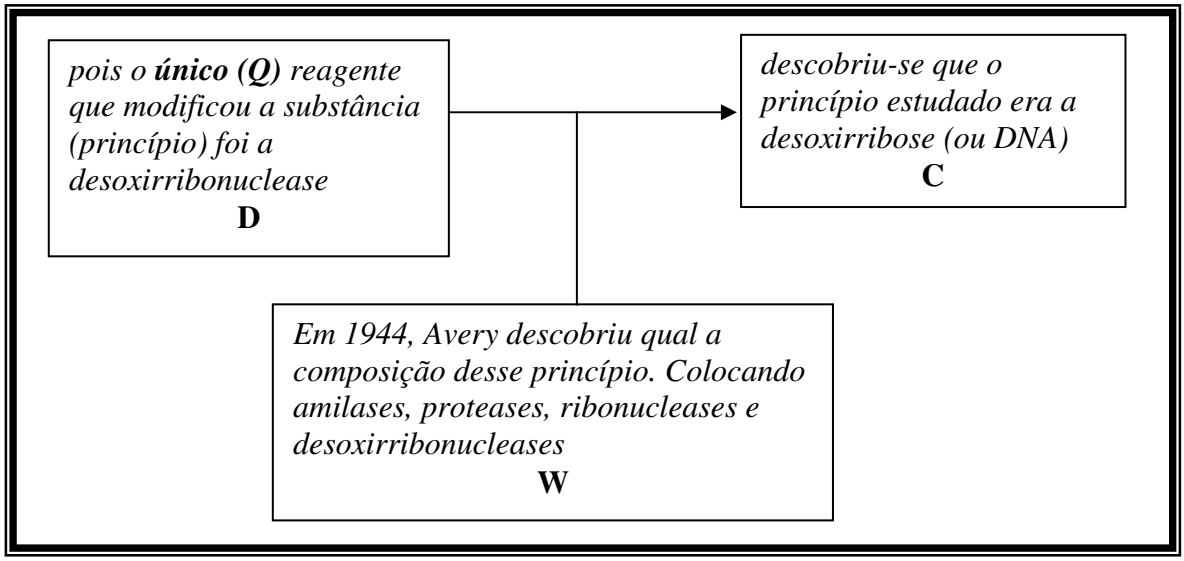


Figura 6.9: Argumento 2 do aluno 2

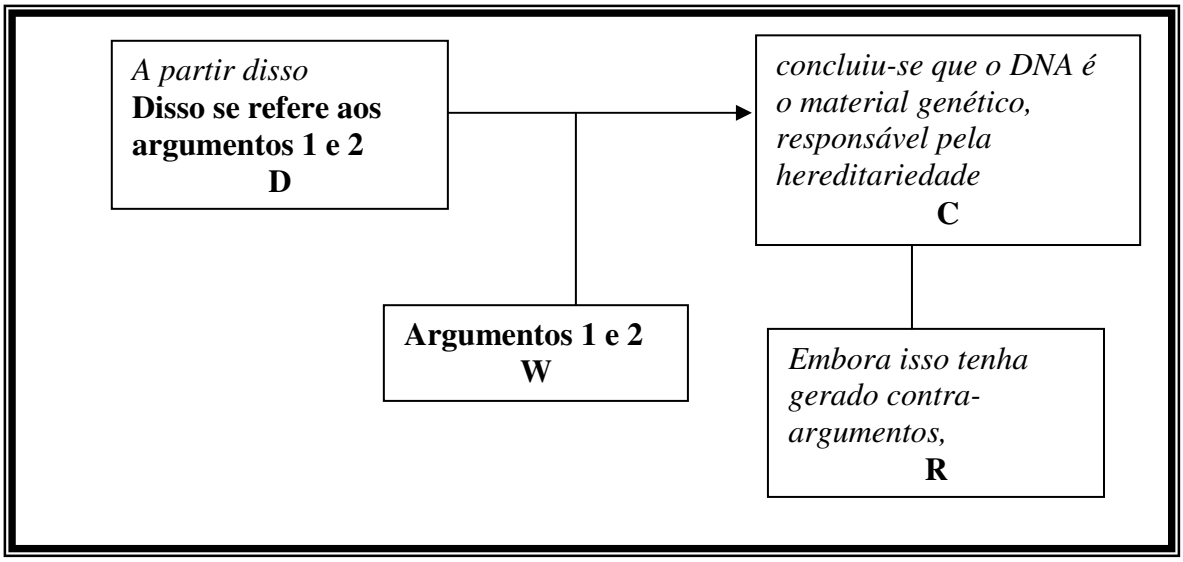


Figura 6.10: Argumento 3 do aluno 3

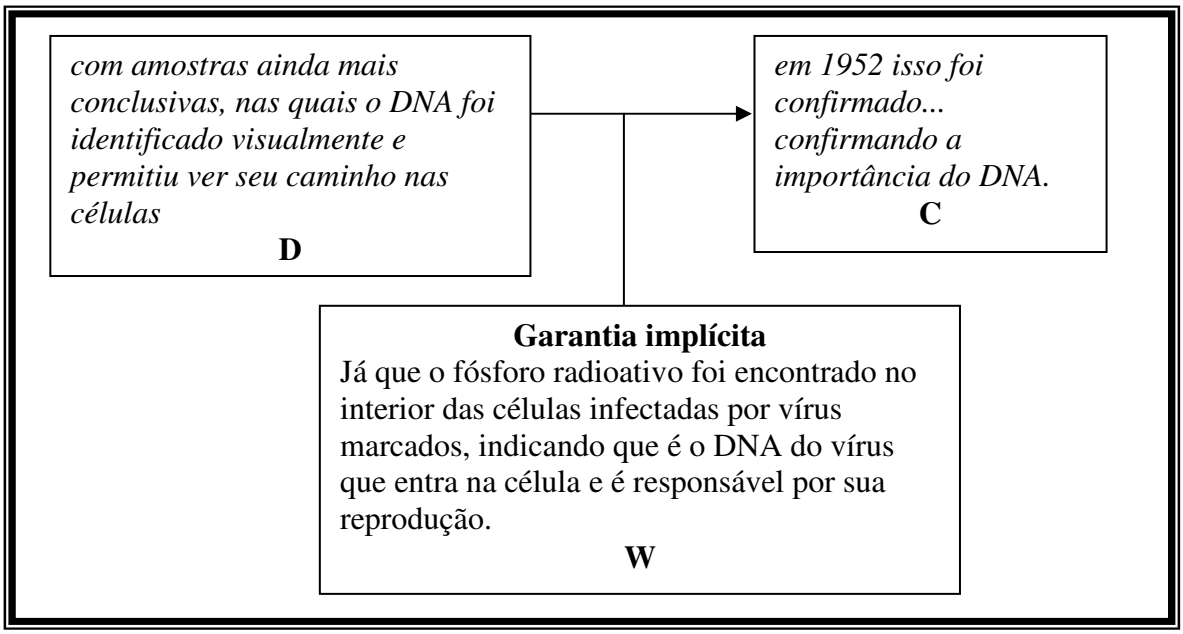


Figura 6.11: Argumento 4 do aluno 2

Tabela 6.5 – Classificação dos elementos do argumento do aluno 2 segundo Toulmin (1958/2006)

	D	C	W	B	Q	R
Argumento 1	*Em 1928, Fred Griffith propôs um experimento onde bactérias S transmitiam pneumonia a um camundongo, e as bactérias R, que não transmitiam a doença. As bactérias S, quando mortas (por calor), não adoecem o camundongo, mas se, mesmo mortas, unidas a bactérias R, fazem com que as R (vivas) se transformem em bactérias S, e passem a matar o camundongo. Essa transformação também foi vista 'in vitro' (em 1944).*	*Com esses experimentos, foi provado que algo dentro da célula é que transmite as informações hereditárias. Esse "algo" foi chamado de princípio ativo.*	*mesmo mortas, unidas a bactérias R, fazem com que as R (vivas) se transformem em bactérias S*			
Argumento 2	*pois o único reagente que modificou a substância (princípio) foi a desoxirribonuclease*	*descobriu-se que o princípio estudado era a desoxirribose (ou DNA)*	*Em 1944, Avery descobriu qual a composição desse princípio. Colocando amilases, proteases, ribonucleases e desoxirribonucleases*		único	
Argumento 3	*A partir disso* **Disso se refere aos argumentos 1 e 2**	*concluiu-se que o DNA é o material genético, responsável pela hereditariedade*	**Argumentos 1 e 2**			*Embora isso tenha gerado contra-argumentos,*
Argumento 4	*com amostras ainda mais conclusivas, nas quais o DNA foi identificado visualmente e permitiu ver seu caminho nas células*	*em 1952 isso foi confirmado... confirmando a importância do DNA.*	**Garantia implícita** Já que o fósforo radioativo foi encontrado no interior das células infectadas por vírus marcados, indicando que é o DNA do vírus que entra na célula e é responsável por sua reprodução.			

Tabela 6.6 – Análise da resposta do aluno 2.

Marcas utilizadas como categorias de análise		**Marcas encontradas na resposta do aluno 2**
Tempo verbal	Grupo I: indica relação de implicação/mundo comentado. Indica inferência/generalização.	Só aparece no dado do argumento 1.
	Grupo II: indica referencialidade/mundo narrado. Indica especificidade.	Aparece quando descreve / relata outros experimentos ou para se referir a algum resultado específico. Nos dados, garantias e conclusões.
Pessoa do discurso	3ª pessoa do singular ou plural: indica referencialidade e a autoria do trabalho.	C*onclui-se, descobriu-se.* Aparece em conclusões menos genéricas, referentes a experimentos específicos. Indica especificamente o autor das descobertas: *Avery descobriu*.
	1ª pessoal do singular ou plural: indica implicação e autoria.	Não há.
Modalizadores ou expressões modalizadoras	Epistêmicas: discurso persuasivo.	Não há.
	Aléticas: discurso autoritário.	Não há modalização explícita. Mas as expressões *"Foi provado que", "Foi confirmado"* e *"conclui-se que"* têm um efeito modalizador alético.
	Quantificadoras	No argumento 2 aparece: *pois o único reagente*.
Operadores argumentativos	Indica o direcionamento do locutor para somente uma conclusão possível.	*Pois, se.* Indicam conjunção e condicionalidade (neste caso, o *então* está implícito).
	Indica oposição.	*Embora.* Aparece na refutação.
Seleção lexical	Palavras que indicam eixo epistêmico (do crer).	Não há.
	Palavras que indicam eixo alético (do saber).	*Foi provado, foi confirmado, descobrir.*
	Plural ou singular para os seres vivos: indica biopopulação.	Aparece o singular e o plural. O plural para bactérias e o singular para camundongo.
	Palavras ou expressões que indicam correção ou confusão conceitual	Confusão conceitual: "*nas quais o DNA foi identificado visualmente e permitiu ver seu caminho nas células*". Argumento 4.
Argumento	Substancial	Argumento 1.
	Analítico	Argumentos 2 e 3.
Argumento	Que estabelece garantia	Argumentos 1 e 2.
	Que usa garantia	Argumentos 3.

6.3.3. Análise da resposta do aluno 3

Aluno 3
As conclusões dos experimentos 1 e 2 (que o DNA é o princípio transformante e que o DNA de vírus penetra na bactéria) permitem afirmar que o DNA é o portador das informações hereditárias. Pois, no experimento 1 onde foram juntadas bactérias S mortas (as bactérias do tipo S produzem uma cápsula de carboidratos tornando-as resistentes), mais as bactérias R vivas (as bactérias do tipo R não produzem cápsulas de carboidratos se tornando vulneráveis). Percebeu-se que alguma coisa da S morta pelo calor se manteve intacta, e que essa coisa chamada de Princípio Transformante, se incorporou nas células das R vivas que se transformou em S vivas. Uma transformação que poderia ser facilitada pelo fato das R vivas não produzirem as cápsulas de carboidratos para protegerem-nas, ocasionando a morte do grupo de camundongos que serviriam de cobaias para essa parte do experimento por pneumonia. Esse processo de transformação foi denominado de Transformação Bacteriana. *No experimento 2 foi possível perceber que a transformação bacteriana ocorria também dentro do vidro, em um meio externo. Em meios de cultura de bactérias, as bactérias R misturadas com S mortas, apareciam bactérias S vivas. Acrescentando-se álcool no vidro a mistura de bactérias se separavam em duas fases, isolando o princípio transformante. E queria-se descobrir qual era a origem desse princípio, sendo assim, várias substâncias foram acrescentadas ao princípio, uma delas que foi a desoxirribonuclease que quebrou o princípio transformante, deduzindo que era o DNA já que o DNA é composto de desoxirribose. O DNA ao entrar nas células das bactérias que ao se reproduzirem ele levava as características, informações para essas novas células, ou seja, a pneumonia.* *Sendo assim, os seres ao se reproduzem as informações hereditárias passam para seus descendentes, e só quem poderia ser responsável por essa passagem de informações, características, para os gametas, descendentes, seria o DNA.*

O aluno não utiliza os conectores (por exemplo: "*sendo assim"*) de maneira correta, mesmo assim, consideramos que estabelece as relações entre dados e conclusões adequadamente e faz um movimento interessante entre garantias estabelecidas e argumentos que usam garantias. Isso é coerente com a maneira como usa os tempos verbais: no argumento mais geral (argumento 1) o aluno utiliza o tempo presente, indicando as generalizações que ecoam a voz da professora. Os argumentos 4 e 5 têm o caráter de relato, sendo elaborados no tempo passado. Também fica explícita uma impessoalidade no texto todo, com os sujeitos sendo atribuídos às entidades (como o DNA) ou à terceira pessoa do singular. Há somente o uso da modalidade alética. O aluno utiliza o plural para designar os seres vivos. Cabe ressaltar que, aparentemente, houve uma confusão entre o significado da palavra *experimento*. Parece que o aluno entendeu como segundo experimento à segunda parte do primeiro experimento.

Para a professora, essa palavra tem um significa mais amplo, enquanto que para o aluno, mais restrito.

É interessante ressaltar que no argumento 4, o aluno faz uma relação entre a ocorrência da transformação bacteriana e a ausência da cápsula de carboidrato que não foi trabalhada em sala de aula pela professora[44], o que confere originalidade à relação. O aluno sentiu necessidade de explicar na sua resposta a ocorrência da transformação e associou esse processo com um aspecto físico do ser vivo.

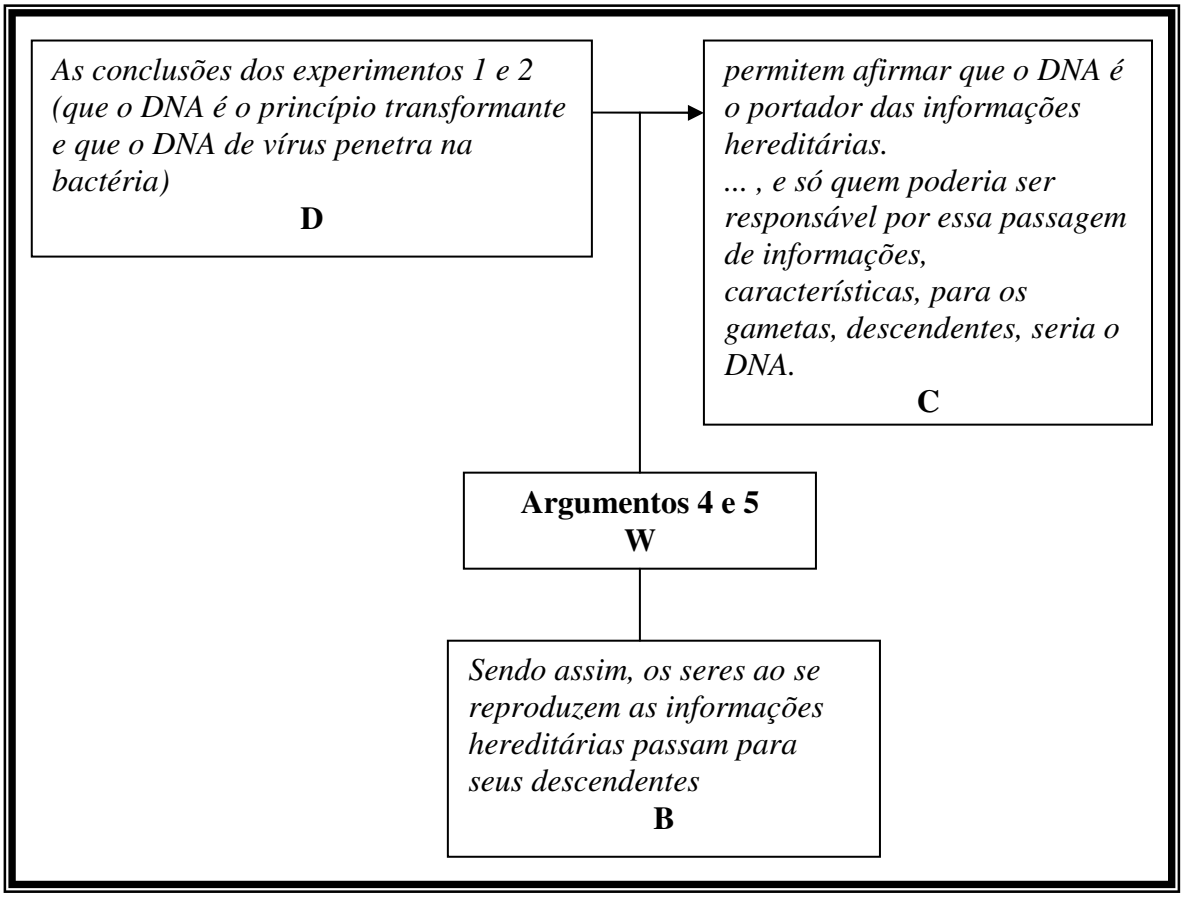


Figura 6.12: Argumento 1 do aluno 3

[44] Toda a seqüência didática foi gravada em áudio e vídeo para a necessidade de algo ser recuperado. Ao recuperar as aulas em que a professora discutiu os experimentos, verificamos que não foi atribuída à presença da cápsula de carboidrato um impeditivo para a transformação bacteriana.

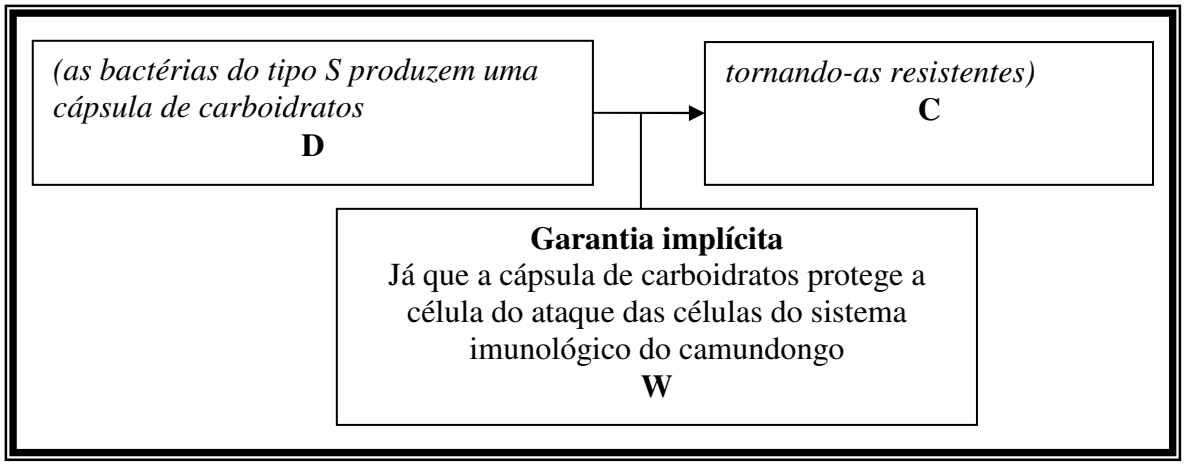


Figura 6.13: Argumento 2 do aluno 3

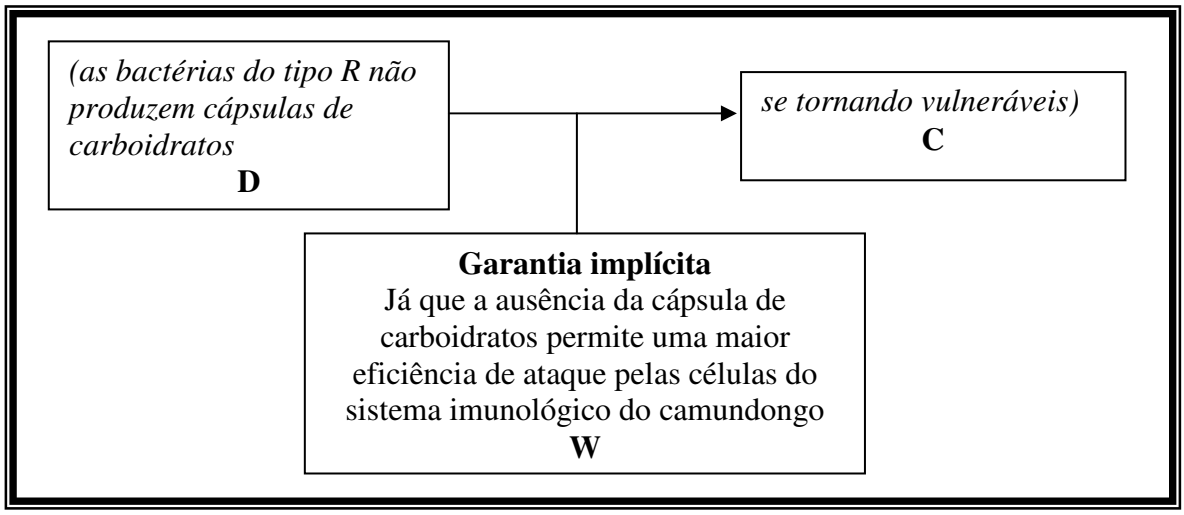


Figura 6.14: Argumento 3 do aluno 3

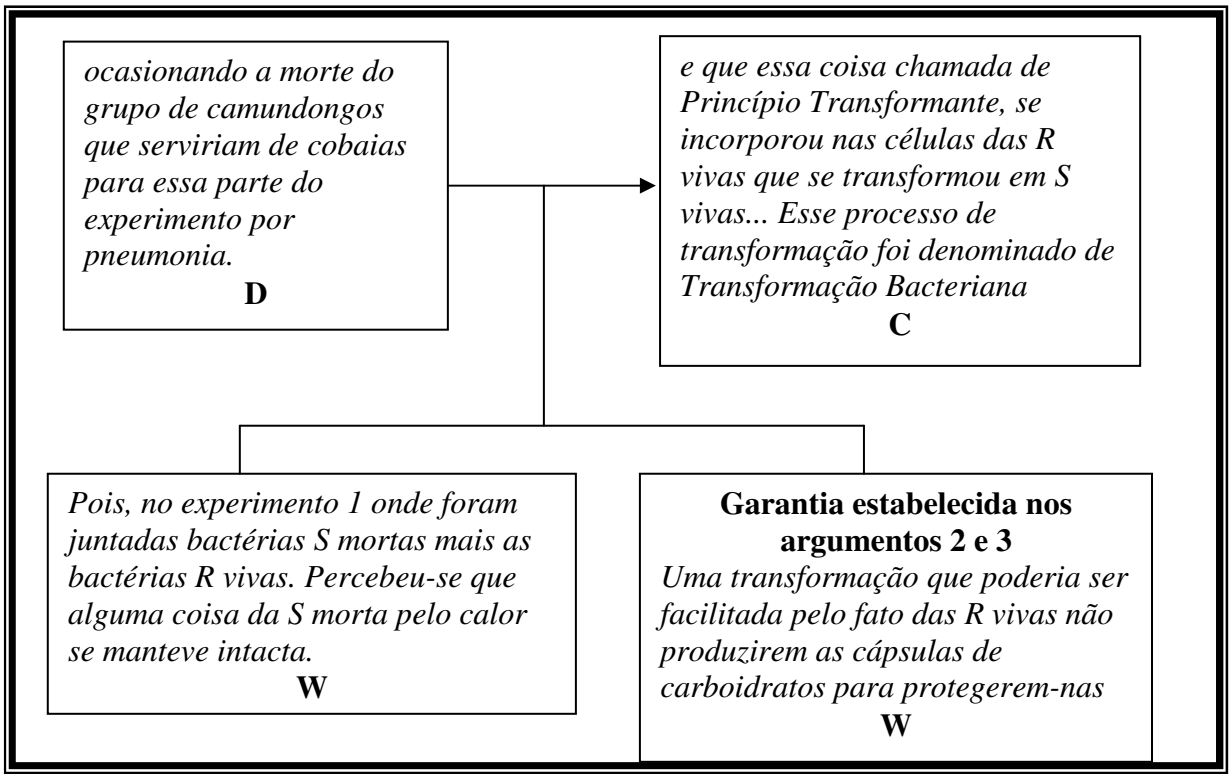


Figura 6.15: Argumento 4 do aluno 3

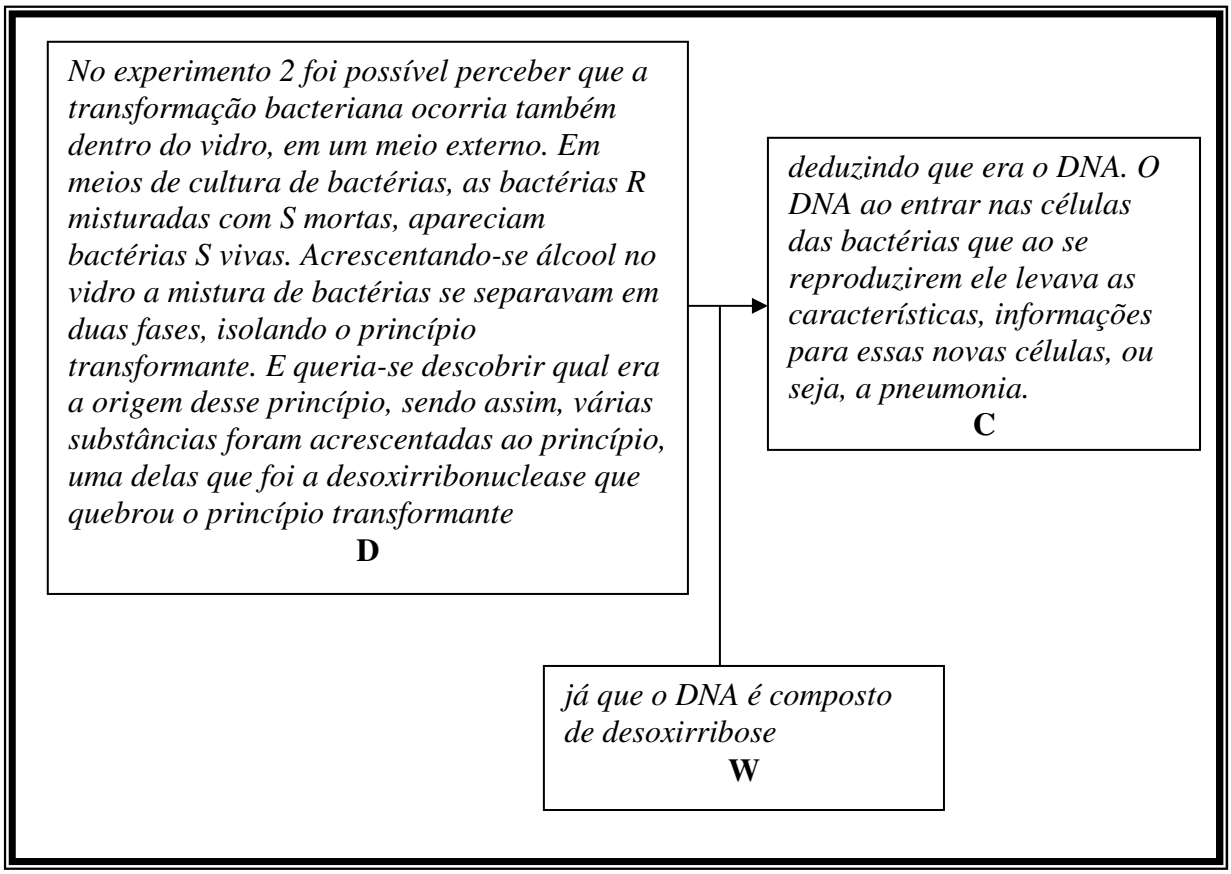


Figura 6.16: Argumento 5 do aluno 3

Tabela 6.7 – Classificação dos elementos do argumento do aluno 3 segundo Toulmin (1958/2006)

	D	C	W	B	Q	R
Argumento 1	*As conclusões dos experimentos 1 e 2 (que o DNA é o princípio transformante e que o DNA de vírus penetra na bactéria)*	*permitem afirmar que o DNA é o portador das informações hereditárias. ... , e só quem poderia ser responsável por essa passagem de informações, características, para os gametas, descendentes, seria o DNA.*	**Argumentos 4 e 5 W**	*Sendo assim, os seres ao se reproduziem as informações hereditárias passam para seus descendentes*		
Argumento 2	*(as bactérias do tipo S produzem uma cápsula de carboidratos*	*tornando-as resistentes)*	**Garantia implícita** Já que a cápsula de carboidratos protege a célula do ataque das células do sistema imunológico do camundongo			
Argumento 3	*(as bactérias do tipo R não produzem cápsulas de carboidratos*	*se tornando vulneráveis)*	**Garantia implícita** Já que a ausência da cápsula de carboidratos permite uma maior eficiência de ataque pelas células do sistema imunológico do camundongo			
Argumento 4	*ocasionando a morte do grupo de camundongos que serviriam de cobaias para essa parte do experimento por pneumonia.*	*e que essa coisa chamada de Princípio Transformante, se incorporou nas células das R vivas que se transformou em S vivas... Esse processo de transformação foi denominado de Transformação Bacteriana*	*Pois, no experimento 1 onde foram juntadas bactérias S mortas mais as bactérias R vivas. Percebeu-se que alguma coisa da S morta pelo calor se manteve intacta.*	*(continua)*		

			Garantia estabelecida nos argumentos 2 e 3 *Uma transformação que poderia ser facilitada pelo fato das R vivas não produzirem as cápsulas de carboidratos para protegerem-nas*			
Argumento 5	*No experimento 2 foi possível perceber que a transformação bacteriana ocorria também dentro do vidro, em um meio externo. Em meios de cultura de bactérias, as bactérias R misturadas com S mortas, apareciam bactérias S vivas. Acrescentando-se álcool no vidro a mistura de bactérias se separavam em duas fases, isolando o princípio transformante. E queria-se descobrir qual era a origem desse princípio, sendo assim, várias substâncias foram acrescentadas ao princípio, uma delas que foi a desoxirribonuclease que quebrou o princípio transformante*	*deduzindo que era o DNA. O DNA ao entrar nas células das bactérias que ao se reproduzirem ele levava as características, informações para essas novas células, ou seja, a pneumonia.*	*já que o DNA é composto de desoxirribose*			

Tabela 6.8 – Análise da resposta do aluno 3.

Marcas utilizadas como categorias de análise		**Marcas encontradas na resposta do aluno 3**
Tempo verbal	Grupo I: indica relação de implicação/mundo comentado. Indica inferência/generalização.	Aparece no argumento 1, que é o mais geral, em todos os elementos do argumento.
	Grupo II: indica referencialidade/mundo narrado. Indica especificidade.	Aparece quando descreve / relata outros experimentos ou para se referir a algum resultado específico. Principalmente, nos dados e garantias.
Pessoa do discurso	3ª pessoa do singular ou plural: indica referencialidade e a autoria do trabalho.	*As conclusões permitem afirmar, deduzindo-se.* Aparece nas conclusões mais genéricas, indicando uma impessoalidade no processo.
	1ª pessoal do singular ou plural: indica implicação e autoria.	Não há.
Modalizadores ou expressões modalizadoras	Epistêmicas: discurso persuasivo.	Não há.
	Aléticas: discurso autoritário.	Não há modalização explícita. Mas as expressões *"Deduzindo que", "E só quem poderia ser responsável"* tem um efeito modalizador alético.
	Quantificadoras	Não aparece.
Operadores argumentativos	Indica o direcionamento do locutor para somente uma conclusão possível.	*Ou seja, já que, pois, e, sendo assim, e só.* Indicam conjunção.
	Indica oposição.	Não aparece.
Seleção lexical	Palavras que indicam eixo epistêmico (do crer).	Não há.
	Palavras que indicam eixo alético (do saber).	*Percebeu-se que, permitem afirmar que.*
	Plural ou singular para os seres vivos: indica biopopulação.	Aparece o plural.
	Palavras ou expressões que indicam correção ou confusão conceitual	Confusão conceitual: confusão entre o segundo experimento citado pela questão e o segundo experimento citado na ficha trabalhada em sala de aula.
Argumento	Substancial	Argumentos 1 e 4.
	Analítico	Argumentos 2, 3 e 5.
Argumento	Que estabelece garantia	Argumentos 4 e 5.
	Que usa garantia	Argumentos 1, 2, 3 e 4.

6.3.4. Análise da resposta do aluno 4

Aluno 4
Tanto o experimento 1 quanto o 2 nos permitem afirmar que o DNA é o portador das informações hereditárias. Pois já no primeiro, o fato de apenas o DNA dentre outras moléculas conseguir modificar as bactérias R vivas em S comprova que os DNAs das células das bactérias S mortas ao interagirem com as R vivas, as transformam através das informações genéticas que foram passadas a elas e, então, às células-filhas. Isto fez com que as bactérias S se procriassem por meio das informações hereditárias contidas no DNA. *No experimento 2 apesar de ser diferente a experiência em si, chegou-se ao mesmo resultado e conclusão que o 1. As informações genéticas estão realmente contidas nos DNAs. Por isso, as proteínas que estavam marcadas com o enxofre radioativo não penetraram na bactéria e o DNA do vírus, sim. Conclui-se, então, que o DNA é a fonte de informações hereditárias, pois a partir dele podem ser formados novos DNAs e ainda proteínas virais. E estes novos DNAs estão presentes nas células-filhas do DNA inicial.*

Apesar de algumas pequenas confusões conceituais, o aluno estabelece as relações entre dados e conclusão adequadamente. Ele alterna o uso do tempo verbal presente e do passado, sendo que o presente é usado nas conclusões, em que faz generalizações, e nos dados, em que toma determinadas condições como verdade, expressando uma modalidade alética. A modalidade alética também é expressa por meio do qualificador *realmente*. O tempo passado aparece principalmente para estabelecer garantia no argumento 1. O texto é impessoal, fazendo o uso da terceira pessoa do singular, mas utiliza a primeira pessoa do plural como resposta à pergunta da professora. O aluno utiliza principalmente o plural para se referir aos seres vivos – entretanto, há uma ocasião em que fala da bactéria no singular.

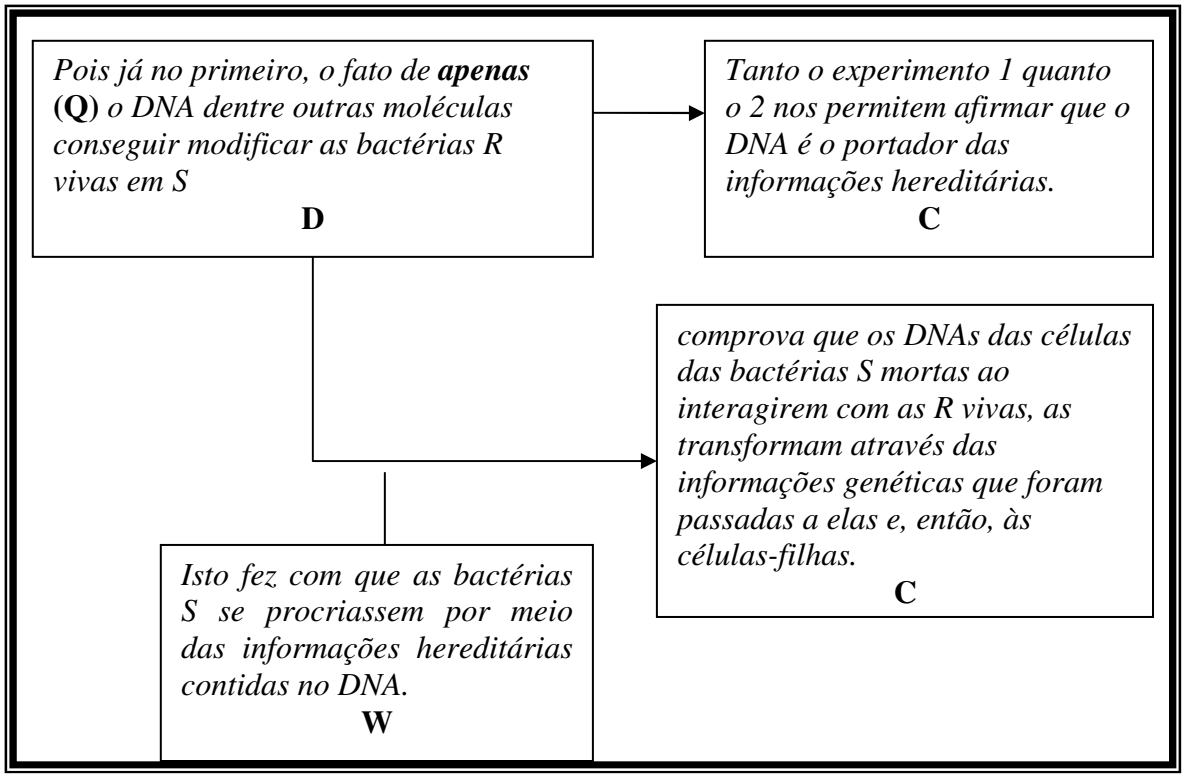


Figura 6.17: Argumento 1 do aluno 4

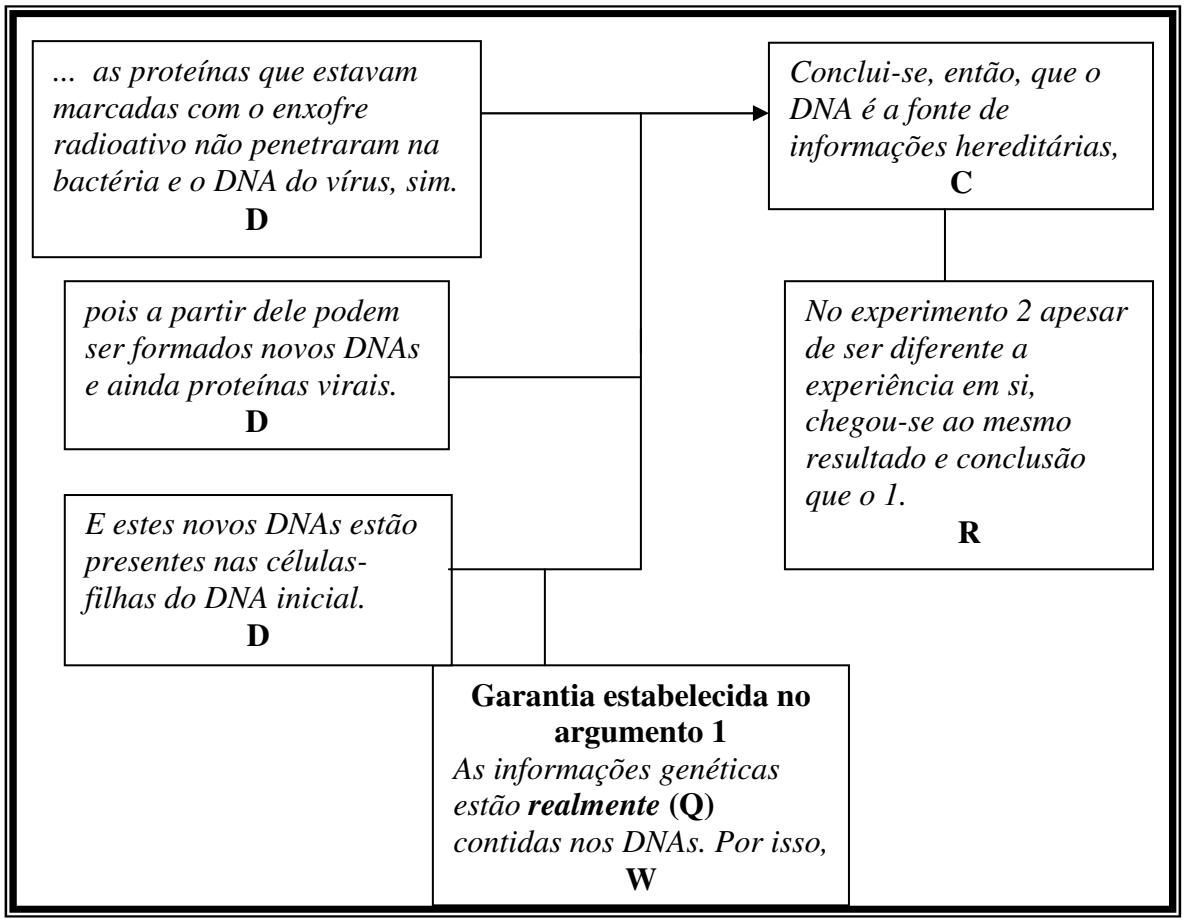


Figura 6.18: Argumento 2 do aluno 4

Tabela 6.9 – Classificação dos elementos do argumento do aluno 4 segundo Toulmin (1958/2006)

	D	C	W	B	Q	R
Argumento 1	*Pois já no primeiro, o fato de* ***apenas*** **(Q)** *o DNA dentre outras moléculas conseguir modificar as bactérias R vivas em S*	*Tanto o experimento 1 quanto o 2 nos permitem afirmar que o DNA é o portador das informações hereditárias.* *comprova que os DNAs das células das bactérias S mortas ao interagirem com as R vivas, as transformam através das informações genéticas que foram passadas a elas e, então, às células-filhas.*	*Isto fez com que as bactérias S se procriassem por meio das informações hereditárias contidas no DNA.*		apenas	
Argumento 2	*... as proteínas que estavam marcadas com o enxofre radioativo não penetraram na bactéria e o DNA do vírus, sim.* *pois a partir dele podem ser formados novos DNAs e ainda proteínas virais.* *E estes novos DNAs estão presentes nas células-filhas do DNA inicial.*	*Conclui-se, então, que o DNA é a fonte de informações hereditárias,*	**Garantia estabelecida no argumento 1** *As informações genéticas estão* ***realmente*** **(Q)** *contidas nos DNAs. Por isso,*		realmente	*No experimento 2 apesar de ser diferente a experiência em si, chegou-se ao mesmo resultado e conclusão que o 1.*

Tabela 6.10 – Análise da resposta do aluno 4.

Marcas utilizadas como categorias de análise		**Marcas encontradas na resposta do aluno 4**
Tempo verbal	Grupo I: indica relação de implicação/mundo comentado. Indica inferência/generalização.	No argumento 1 aparece nos dados e na conclusão. No argumento 2, aparece no dado, na conclusão e na garantia estabelecida.
	Grupo II: indica referencialidade/mundo narrado. Indica especificidade.	Aparece quando descreve / relata outros experimentos ou para se referir a algum resultado específico. Principalmente, nos dados e na garantia no argumento 1 (que estabelece garantia).
Pessoa do discurso	3ª pessoa do singular ou plural: indica referencialidade e a autoria do trabalho.	*Conclui*-se. Aparece nas conclusões mais genéricas, indicando uma impessoalidade no processo.
	1ª pessoal do singular ou plural: indica implicação e autoria.	Apenas em uma conclusão como resposta a pergunta da professora (*"...nos permitem afirmar"*)..
Modalizadores ou expressões modalizadoras	Epistêmicas: discurso persuasivo.	Não há.
	Aléticas: discurso autoritário.	No argumento 2: *"As informações genéticas estão realmente contidas..."*. Outras expressões apresentam efeito modalizador alético: *"Conclui-se"*, *"comprova-se que"*.
	Quantificadoras	Aparece no argumento 1: *apenas*.
Operadores argumentativos	Indica o direcionamento do locutor para somente uma conclusão possível.	*Pois, já, tanto...quanto, e, por isso.* Indicam conjunção.
	Indica oposição.	*Apesar*.
Seleção lexical	Palavras que indicam eixo epistêmico (do crer).	Não há.
	Palavras que indicam eixo alético (do saber).	*Conclui-se, comprova-se, permitem afirmar que*.
	Plural ou singular para os seres vivos: indica biopopulação.	No argumento 1 (que se refere ao primeiro experimento) aparece o plural. No argumento 2 (que se refere ao segundo experimento) aparece o singular.
	Palavras ou expressões que indicam correção ou confusão conceitual	Confusão conceitual: *"e esses novos DNAs estão presentes nas células-filhas do DNA inicial"*.
Argumento	Substancial	Argumento 1.
	Analítico	Argumentos 2.
Argumento	Que estabelece garantia	Argumento 1.
	Que usa garantia	Argumento 2

6.3.5. Análise da resposta do aluno 5

Aluno 5

Hoje em dia, todos nós conhecemos o material genético como sendo o DNA (ácido desoxirribonucléico) e que nele encontramos nossas informações hereditárias, porém, até chegarmos à essa conclusão forma feitos experimentos que nos permitiram fazer essa afirmação.
Em 1928, Fred Griffith realizou o primeiro experimento relacionado à descoberta do DNA como fator dominante e transformante relacionado às informações hereditárias. O cientista pegou 4 camundongos e utilizou duas espécies de bactérias: as do tipo S (que causam pneumonia nos ratos) e as do tipo R (que não causam mal algum ao bicho). No primeiro "ratinho", foi usada bactéria do tipo S, causando a morte dele; no 2º foi utilizada bactéria do tipo R, e o mesmo ficou vivo. O camundongo nº 3 também sobreviveu pois a bactéria do tipo S foi morta pelo calor. Por sua vez, o ratinho de número 4 morreu, porém, o esperado era que ele sobrevivesse pois foram utilizadas bactérias do tipo S mortas pelo calor juntamente com as do tipo R vivas.
Esse experimento serviu de base para o outro, já que no último camundongo foi possível perceber a presença de um fator transformante.
Em 1944, Oswald Avery e seu colaborador, realizaram o 2º experimento para verificar se o tal princípio transformante tinha alguma coisa a ver com o DNA e com as informações hereditárias. Então, ele aproveitou o resultado do camundongo nº 4 para adicionar álcool com outras substâncias específicas e analisar o fator que era ressaltado.
Quando foram adicionadas amilase (digere amido), proteases (digere proteína) e ribonucleases (digere RNA) foi observado o fator "boiando" na substância de álcool com bactérias S mortas e R vivas e, quando for adicionado desoxirribonucleases (digere DNA) o fator sumiu da substância, assim, o fator só podia ser o DNA.
Com esses resultados, podemos concluir que o DNA é o portador das informações hereditárias pois, a partir do princípio transformante que diz que as bactérias R foram transformadas em bactérias de linhagem S, as novas bactérias que iriam se formar seriam do tipo S, por conta da mutação no DNA da bactéria R, que passou a ter as características do tipo S, por isso o camundongo morreu.

Interessante o parágrafo introdutório do aluno, mostrando a compreensão do objetivo da seqüência didática trabalhada pela professora. Podemos acessar essa compreensão por meio do uso da primeira pessoa do plural e do presente do indicativo, que revelam a implicação do aluno no discurso.

Com exceção desse primeiro parágrafo e de parte do último, todo o texto é construído no passado, contando os experimentos dos cientistas, com referência nominal aos cientistas. Aqui, o uso do singular para camundongo salta os olhos! O aluno inclusive numera os ratos e os trata pelo diminutivo entre aspas. Há um erro conceitual também entre as palavras *espécie* e *linhagem* que são utilizadas como sinônimo para se referir às linhagens de bactérias. Outro erro é a utilização do termo *mutação* como sinônimo de transformação bacteriana.

Há uma passagem do texto que afirma que os cientistas *viram* o fator transformante boiando. É provável que o aluno tenha associado um experimento que a sua turma havia realizado anteriormente – a extração do DNA de morango – com o experimento do cientista. Essa relação foi estabelecida pela professora na aula expositivo-dialogada, evidenciando a importância da mediação da professora para o tipo de compreensão do aluno do que ocorreu no experimento do cientista. No entanto, a relação é absolutamente original, na medida em que alega que o fator sumiu da substância quando colocada a desoxirribonuclease. Ele deu esse sentido ao que os cientistas fizeram.

O primeiro argumento estabelece A garantia que será utilizada no segundo. Na garantia do argumento 2 aparecem informações novas sobre a reprodução das bactérias. A modalidade alética predomina com a utilização de frases assertivas e termos como *foi observado* e *descoberta*.

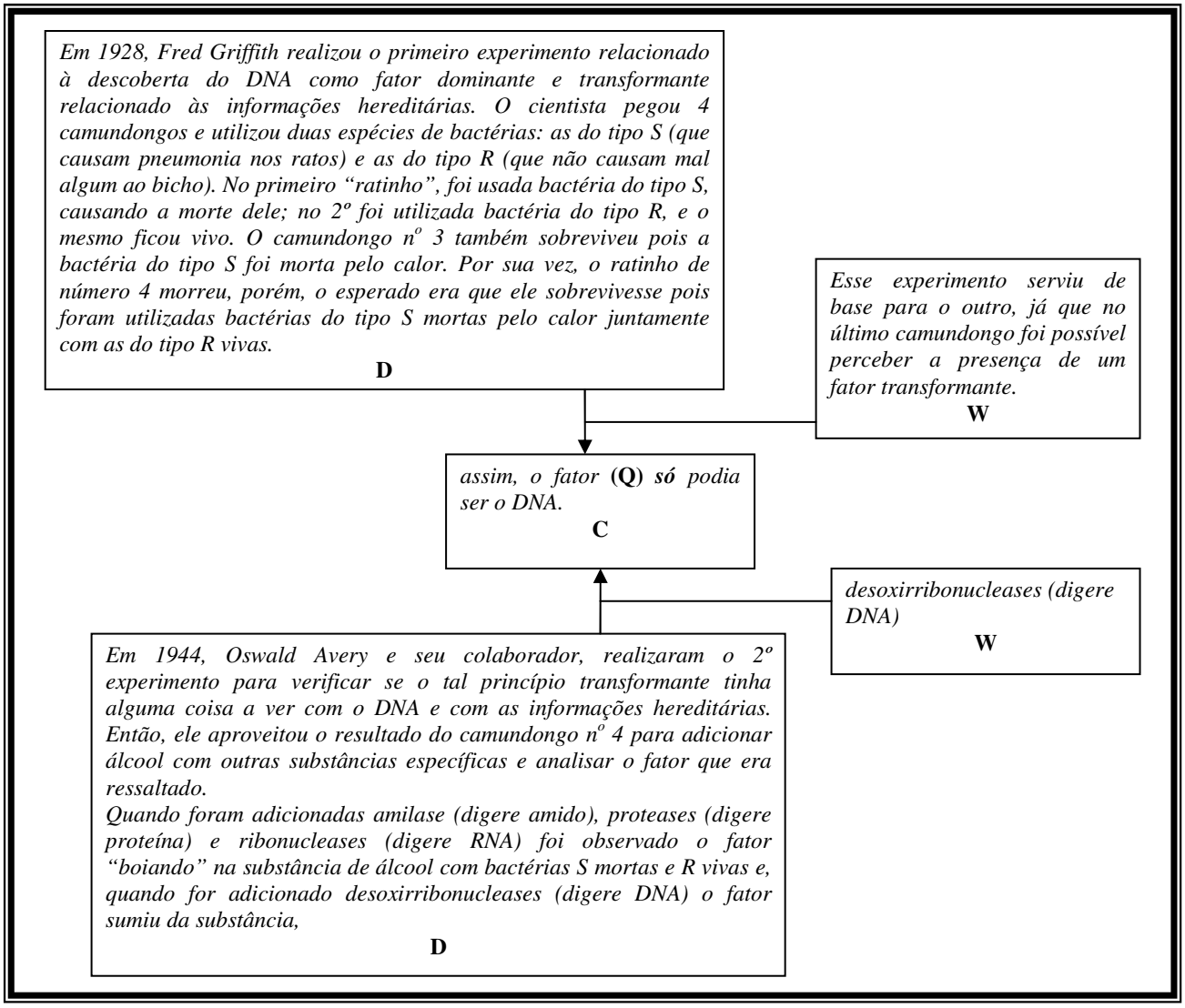


Figura 6.19: Argumento 1 do aluno 5

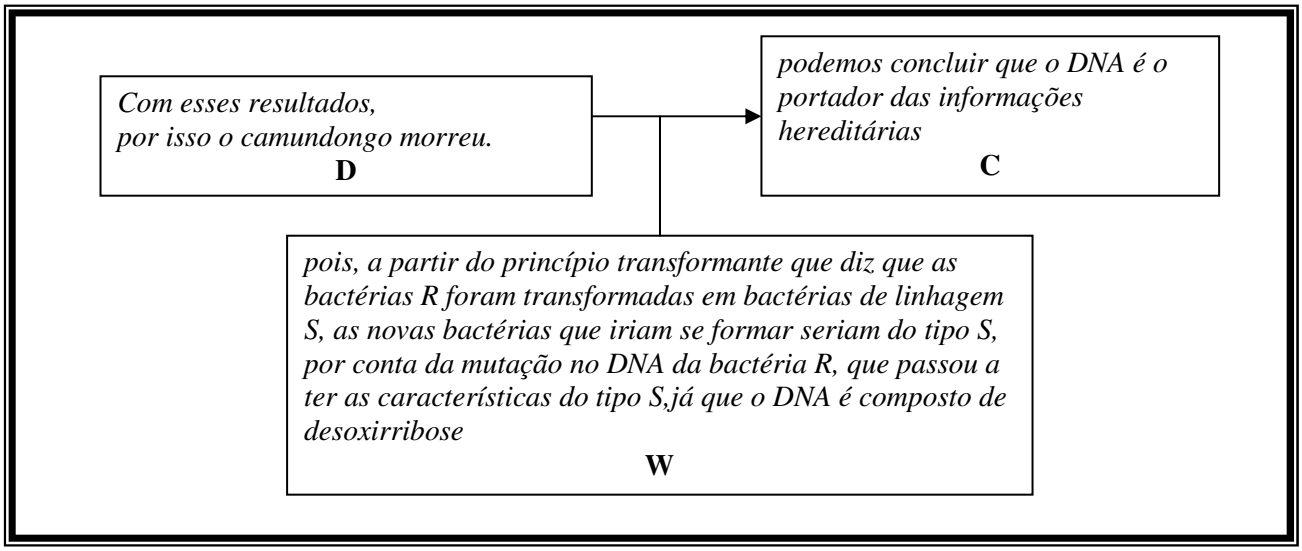


Figura 6.20: Argumento 2 do aluno 5

Tabela 6.11 – Classificação dos elementos do argumento do aluno 5 segundo Toulmin (1958/2006)

	D	C	W	B	Q	R
Argumento 1	*Em 1928, Fred Griffith realizou o primeiro experimento relacionado à descoberta do DNA como fator dominante e transformante relacionado às informações hereditárias. O cientista pegou 4 camundongos e utilizou duas espécies de bactérias: as do tipo S (que causam pneumonia nos ratos) e as do tipo R (que não causam mal algum ao bicho). No primeiro "ratinho", foi usada bactéria do tipo S, causando a morte dele; no 2º foi utilizada bactéria do tipo R, e o mesmo ficou vivo. O camundongo nº 3 também sobreviveu pois a bactéria do tipo S foi morta pelo calor. Por sua vez, o ratinho de número 4 morreu, porém, o esperado era que ele sobrevivesse pois foram utilizadas bactérias do tipo S mortas pelo calor juntamente com as do tipo R vivas.*	*assim, o fator só podia ser o DNA.*	*Esse experimento serviu de base para o outro, já que no último camundongo foi possível perceber a presença de um fator transformante.*			
	Em 1944, Oswald Avery e seu colaborador, realizaram o 2º experimento para verificar se o tal princípio transformante tinha alguma coisa a ver com o DNA e com as informações hereditárias. Então, ele aproveitou o resultado do camundongo nº 4 para adicionar álcool com outras substâncias específicas e analisar o fator que era ressaltado. Quando foram adicionadas amilase (digere amido), proteases (digere proteína) e ribonucleases (digere RNA) foi observado o fator "boiando" na substância de álcool com bactérias S mortas e R vivas e, quando for adicionado desoxirribonucleases (digere DNA) o fator sumiu da substância,		*desoxirribonucleases (digere DNA)*			

(continua)

	C	W	B *(continuação)*	Q	R	D
Argumento 2	*Com esses resultados, por isso o camundongo morreu.*	*podemos concluir que o DNA é o portador das informações hereditárias*	*pois, a partir do princípio transformante que diz que as bactérias R foram transformadas em bactérias de linhagem S, as novas bactérias que iriam se formar seriam do tipo S, por conta da mutação no DNA da bactéria R, que passou a ter as características do tipo S,já que o DNA é composto de desoxirribose*			

Tabela 6.12 – Análise da resposta do aluno 5.

Marcas utilizadas como categorias de análise		**Marcas encontradas na resposta do aluno 5**
Tempo verbal	Grupo I: indica relação de implicação/mundo comentado. Indica inferência/generalização.	Aparece somente na conclusão mais geral.
	Grupo II: indica referencialidade/mundo narrado. Indica especificidade.	Predomina na construção textual do aluno.
Pessoa do discurso	3ª pessoa do singular ou plural: indica referencialidade e a autoria do trabalho.	Aparece referência nominal aos cientistas.
	1ª pessoal do singular ou plural: indica implicação e autoria.	Aparece na introdução e na conclusão mais geral a 1ª pessoa do plural.
Modalizadores ou expressões modalizadoras	Epistêmicas: discurso persuasivo.	Não há.
	Aléticas: discurso autoritário.	Não há modalização explícita. Mas as expressões *"Foi observado"* e *"só podia"* têm um efeito modalizador alético.
	Quantificadoras	Não aparece.
Operadores argumentativos	Indica o direcionamento do locutor para somente uma conclusão possível.	*Então, assim, pois, por isso, já que, e*. Indicam conjunção.
	Indica oposição.	*Porém.*
Seleção lexical	Palavras que indicam eixo epistêmico (do crer).	Não há.
	Palavras que indicam eixo alético (do saber).	*Foi observado, só podia.*.
	Plural ou singular para os seres vivos: indica biopopulação.	Predomina o singular.
	Palavras ou expressões que indicam correção ou confusão conceitual	Confusão conceitual entre os termos *linhagem* e *espécie*, *mutação* e *transformação bacteriana*.
Argumento	Substancial	Argumentos 1 e 2.
	Analítico	Não aparece.
Argumento	Que estabelece garantia	Argumento 1 e 2.
	Que usa garantia	Argumento 2.

6.3.6. Análise da resposta do aluno 6

Aluno 6
A experiência da transformação bacteriana permitiu que os cientistas descobrissem que a substância que transformava as bactérias era o DNA. *Essa conclusão levou os cientistas a pensarem que se o DNA tinha o poder de transformar as características hereditárias dos organismos, provavelmente era ele que carregava as informações genéticas, ou seja, ele próprio era a informação.* *As bactérias que não tinham a característica de causar pneumonia absorveram as características das bactérias mortas e passaram a causar pneumonia. Além disso, essas bactérias que passaram a causar a pneumonia se reproduziram, causando a morte do camundongo.* *No segundo experimento, descobriu-se que a única substância do vírus que foi capaz de penetrar na célula e, portanto, causar a doença, foi o DNA. Isso fez com que os cientistas percebessem que o DNA era a substância que tinha o poder de transformar as características dos vírus, pois foi ele que fez com que o vírus passasse a causar a doença. Por conseqüência, a conclusão que os cientistas chegaram foi a de que o DNA é o portador da informação hereditária.*

Apesar de alguns erros conceituais comuns em biologia baseados na confusão entre característica (fenótipo) e informação (DNA), o aluno estabelece diversas relações entre os argumentos, alternando entre argumentos que estabelecem e argumentos que usam garantias. Os tempos verbais do grupo II (passado) predominam, enquanto que o presente do indicativo aparece somente na conclusão do argumento 4, a mais genérica. Esse aluno se refere aos cientistas como sujeitos, além recorrer à modalidade epistêmica em várias situações: quando do uso do qualificador *"provavelmente"*, ou nas expressões *"levou os cientistas a pensarem"* e *"por conseqüência, a conclusão que os cientistas chegaram"*. O eixo alético também está presente nas seguintes expressões: *"descobriu-se que"* e *"os cientistas percebessem que"* e no qualificador *"única"*. O plural é utilizado para se referir aos microorganismos (bactérias e vírus) e o singular é utilizado para se referir à célula e ao camundongo.

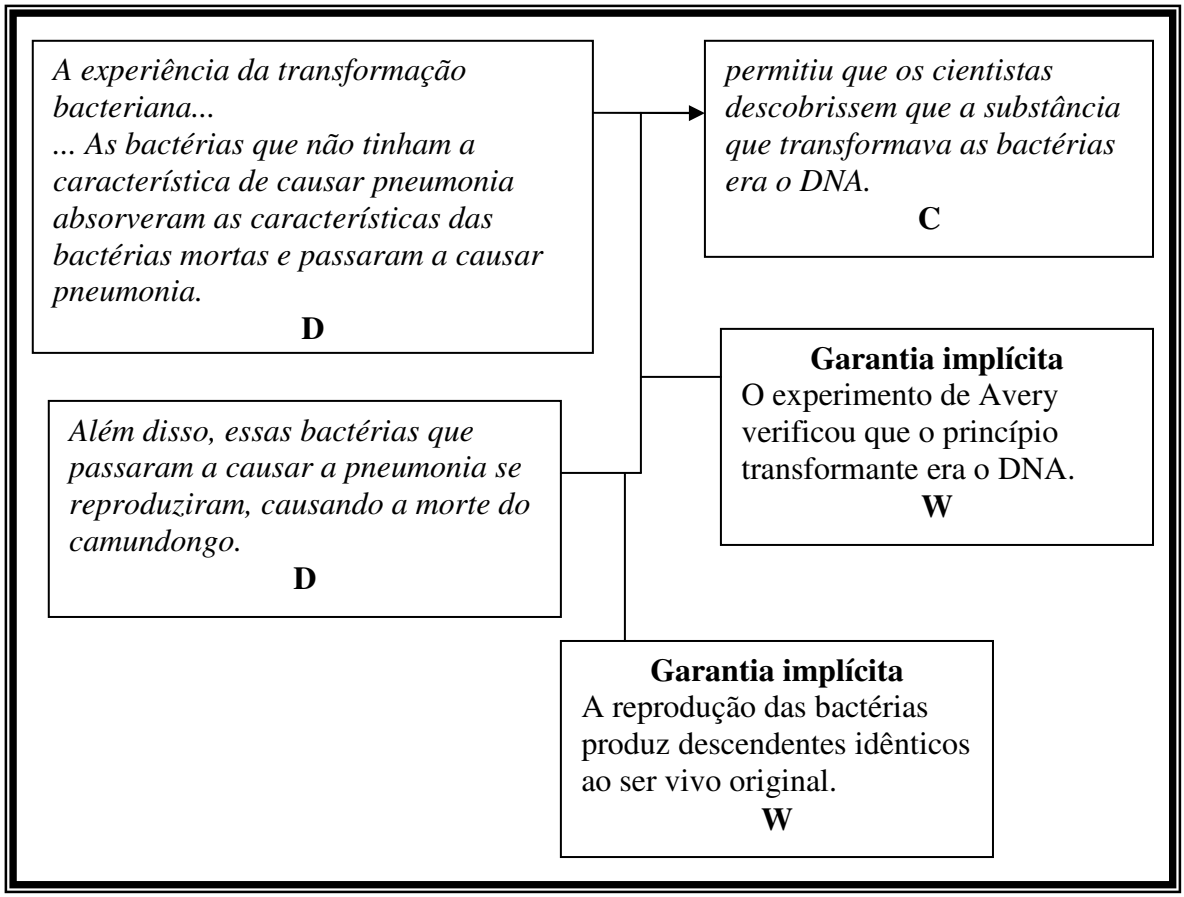


Figura 6.21: Argumento 1 do aluno 6

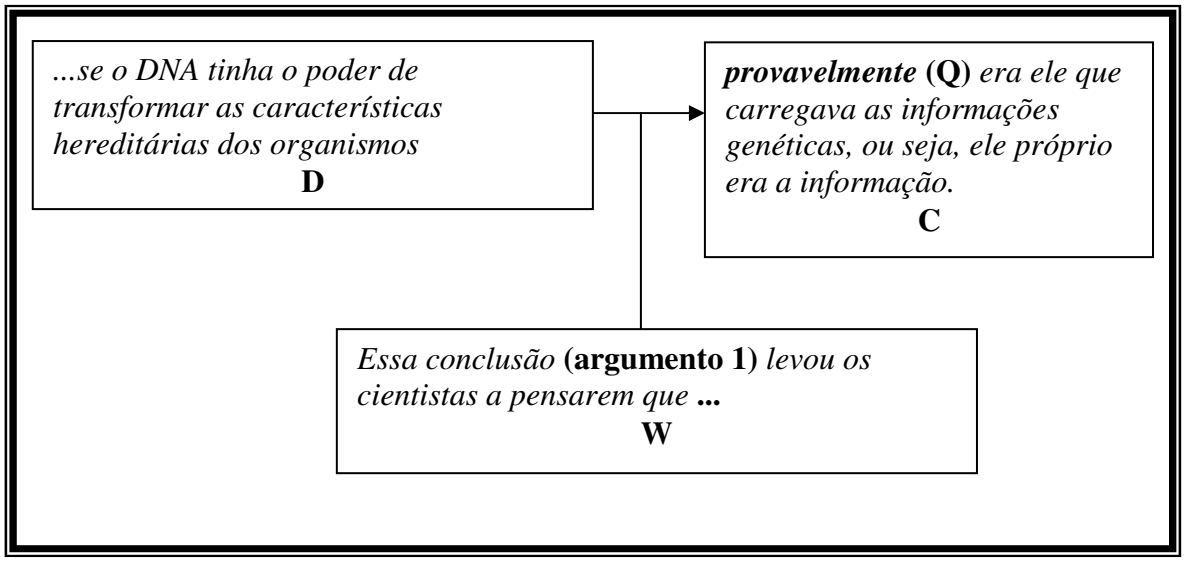


Figura 6.22: Argumento 2 do aluno 6

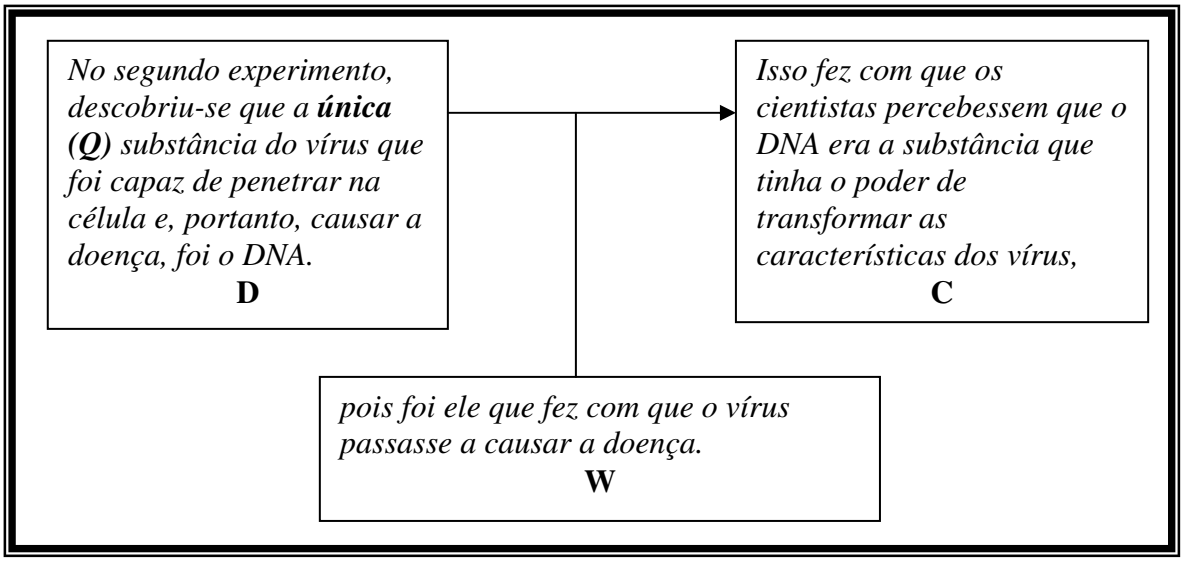


Figura 6.23: Argumento 3 do aluno 6

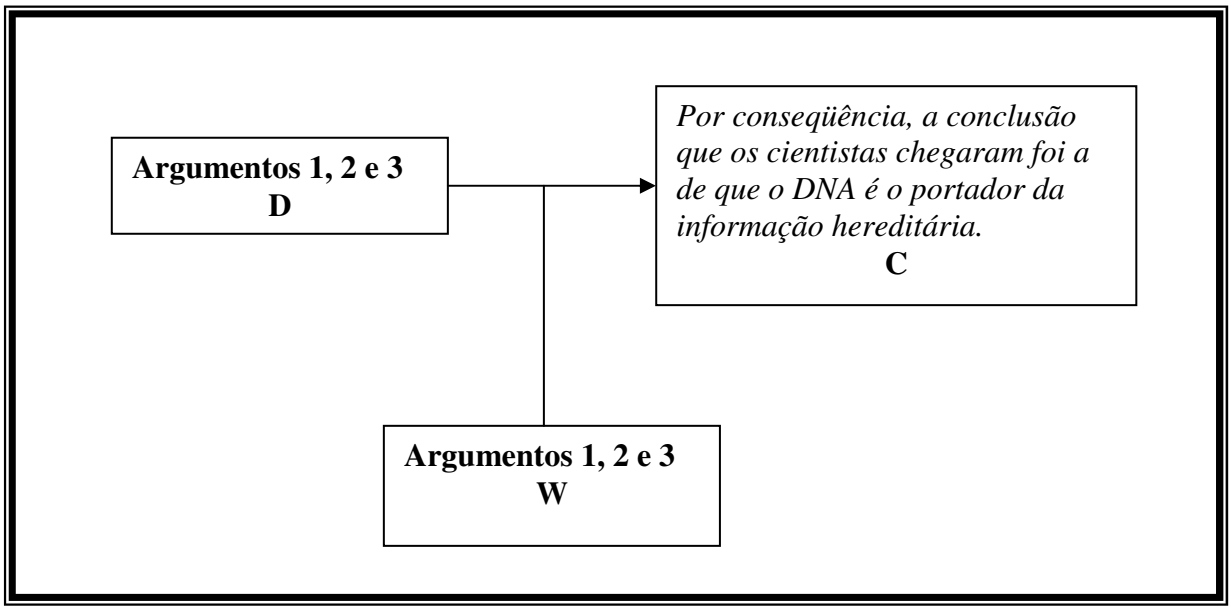


Figura 6.24: Argumento 4 do aluno 6

Tabela 6.13 – Classificação dos elementos do argumento do aluno 6 segundo Toulmin (1958/2006)

	D	C	W	B	Q	R
Argumento 1	*A experiência da transformação bacteriana... ... As bactérias que não tinham a característica de causar pneumonia absorveram as características das bactérias mortas e passaram a causar pneumonia.*	*permitiu que os cientistas descobrissem que a substância que transformava as bactérias era o DNA.*	**Garantia implícita** O experimento de Avery verificou que o princípio transformante era o DNA.			
	Além disso, essas bactérias que passaram a causar a pneumonia se reproduziram, causando a morte do camundongo.		**Garantia implícita** A reprodução das bactérias produz descendentes idênticos ao ser vivo original.			
Argumento 2	*...se o DNA tinha o poder de transformar as características hereditárias dos organismos*	***provavelmente*** **(Q)** *era ele que carregava as informações genéticas, ou seja, ele próprio era a informação.*	*Essa conclusão* **(argumento 1)** *levou os cientistas a pensarem que* **...**		provavelmente	
Argumento 3	*No segundo experimento, descobriu-se que a única substância do vírus que foi capaz de penetrar na célula e, portanto, causar a doença, foi o DNA.*	*Isso fez com que os cientistas percebessem que o DNA era a substância que tinha o poder de transformar as características dos vírus,*	*pois foi ele que fez com que o vírus passasse a causar a doença.*		única	
Argumento 4	**Argumentos 1, 2 e 3**	*Por conseqüência, a conclusão que os cientistas chegaram foi a de que o DNA é o portador da informação hereditária.*	**Argumentos 1, 2 e 3**			

Tabela 6.14 – Análise da resposta do aluno 6.

Marcas utilizadas como categorias de análise		**Marcas encontradas na resposta do aluno 6**
Tempo verbal	Grupo I: indica relação de implicação/mundo comentado. Indica inferência/generalização.	Aparece somente na conclusão do último argumento, a mais genérica.
	Grupo II: indica referencialidade/mundo narrado. Indica especificidade.	Predomina.
Pessoa do discurso	3ª pessoa do singular ou plural: indica referencialidade e a autoria do trabalho.	Aparece. O aluno se refere principalmente aos *cientistas*.
	1ª pessoal do singular ou plural: indica implicação e autoria.	Não aparece.
Modalizadores ou expressões modalizadoras	Epistêmicas: discurso persuasivo.	No argumento 2, há a utilização de *provavelmente*. Também há o uso expressões modalizadoras de efeito epistêmico: *levou os cientistas a pensarem*, *por conseqüência, a conclusão que os cientistas chegaram...*
	Aléticas: discurso autoritário.	Há o qualificador *"única"*. E as expressões *"se o DNA tem o poder de..."*, *"descobriu-se que"* e *"os cientistas percebessem que..."* têm um efeito modalizador alético.
	Quantificadoras	Não aparece.
Operadores argumentativos	Indica o direcionamento do locutor para somente uma conclusão possível.	*Se...então, portanto, pois, ou seja, além disso.* Indicam condicionalidade e conjunção.
	Indica oposição.	Não há.
Seleção lexical	Palavras que indicam eixo epistêmico (do crer).	*Provavelmente, os cientistas pensarem.*
	Palavras que indicam eixo alético (do saber).	*Descobriu-se, os cientistas percebessem.*
	Plural ou singular para os seres vivos: indica biopopulação.	O plural é utilizado para microorganismos (bactérias e vírus) e o singular é utilizado para camundongo e célula.
	Palavras ou expressões que indicam correção ou confusão conceitual	Confusão conceitual: *As bactérias que não tinham a característica de causar pneumonia absorveram as características das bactérias mortas e passaram a causar pneumonia.* Outra confusão: *a única substância do vírus que foi capaz de penetrar na célula e, portanto, causar a doença, foi o DNA.*
Argumento	Substancial	Argumento 1 e 3.
	Analítico	Argumento 2, e 4.
Argumento	Que estabelece garantia	Argumentos 1 e 3.
	Que usa garantia	Argumentos 2 e 4.

6.3.7. Análise da resposta do aluno 7

Aluno 7
A experiência da transformação bacteriana fez com que os cientistas descobrissem que o que transformava a bactéria era o DNA. *Assim os cientistas pensaram: se o DNA tem o poder de modificar as características hereditárias dos seres vivos, era ele que, provavelmente, carregava as informações genéticas, era ele que obtinha a informação.* *As bactérias que não estavam mortas conseguiram causar pneumonia. Isso porque o DNA das mortas, que continha essa informação passou para as vivas. Além disso, com a reprodução dessas bactérias a doença se multiplicou cada vez mais até o ratinho morrer.* *No segundo experimento, o DNA foi a única substância que penetrou na célula e foi ele quem causou a doença. Esta, então, foi mais uma forma de provar que o DNA é o portador de informações genéticas.*

O aluno estabelece relações adequadas entre os argumentos, alternando entre a utilização da modalidade alética e epistêmica. O tempo verbal que predomina é o do passado, com o tempo presente aparecendo somente na conclusão mais genérica do argumento 3. O aluno se refere principalmente aos cientistas como sujeitos. O plural é utilizado para microorganismos (vírus e bactérias) e o singular para camundongo e para célula.

Apesar de os textos dos alunos 6 e 7 estarem bem diferentes na construção dos argumentos (vide as tabelas), há uma semelhança encontrada nas marcas lingüísticas. Esses alunos participaram do mesmo grupo de discussão, que antecedeu a elaboração do texto individual. Uma hipótese é que o fato de eles terem participado do mesmo grupo internalizou certos aspectos comuns realçados na discussão que se materializou nos dois textos. Para verificar essa hipótese, teríamos que retomar as gravações em vídeo, o que não está no âmbito deste trabalho.

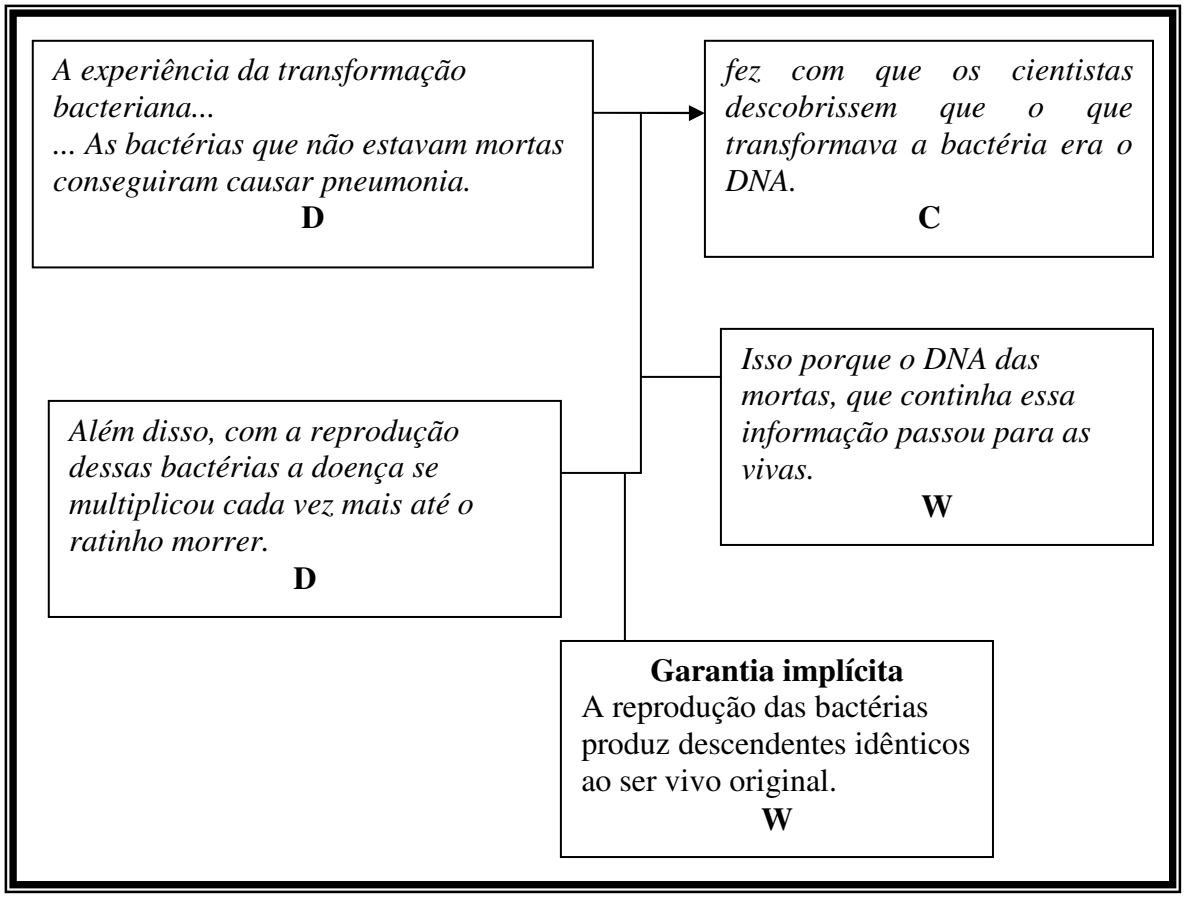


Figura 6.25: Argumento 1 do aluno 7

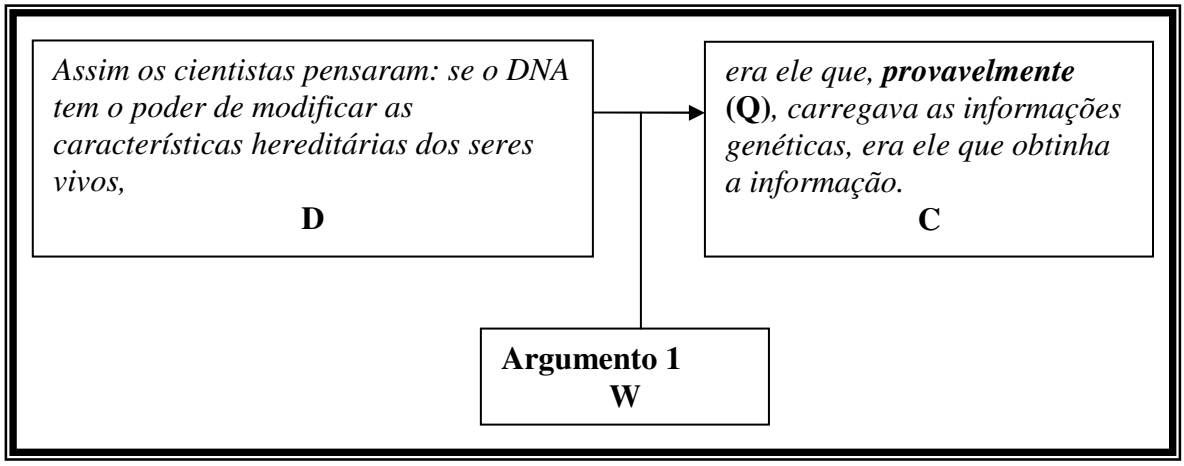


Figura 6.26: Argumento 2 do aluno 7

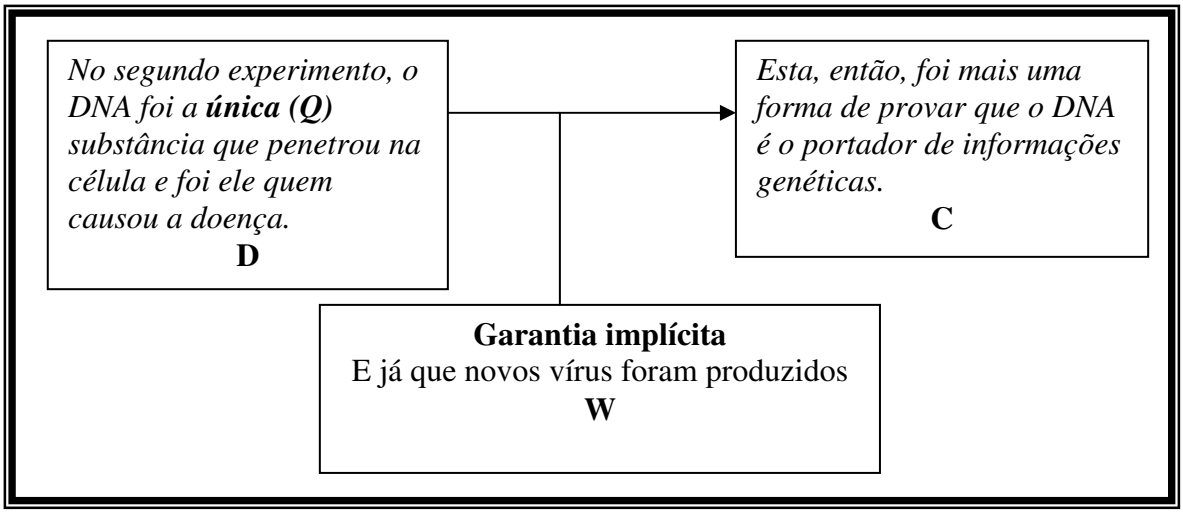


Figura 6.27: Argumento 3 do aluno 7

Tabela 6.15 – Classificação dos elementos do argumento do aluno 7 segundo Toulmin (1958/2006)

	D	C	W	B	Q	R
Argumento 1	*A experiência da transformação bacteriana... ... As bactérias que não estavam mortas conseguiram causar pneumonia.*	*fez com que os cientistas descobrissem que o que transformava a bactéria era o DNA.*	*Isso porque o DNA das mortas, que continha essa informação passou para as vivas.*			
	Além disso, com a reprodução dessas bactérias a doença se multiplicou cada vez mais até o ratinho morrer.		**Garantia implícita** A reprodução das bactérias produz descendentes idênticos ao ser vivo original.			
Argumento 2	*Assim os cientistas pensaram: se o DNA tem o poder de modificar as características hereditárias dos seres vivos,*	*era ele que, **provavelmente** (**Q**), carregava as informações genéticas, era ele que obtinha a informação.*	**Argumento 1**		provavelmente	
Argumento 3	*No segundo experimento, o DNA foi a única substância que penetrou na célula e foi ele quem causou a doença.*	*Esta, então, foi mais uma forma de provar que o DNA é o portador de informações genéticas.*	**Garantia implícita** E já que novos vírus foram produzidos		única	

Tabela 6.16 – Análise da resposta do aluno 7.

Marcas utilizadas como categorias de análise		**Marcas encontradas na resposta do aluno 7**
Tempo verbal	Grupo I: indica relação de implicação/mundo comentado. Indica inferência/generalização.	Aparece somente na conclusão do argumento 3, o mais genérico.
	Grupo II: indica referencialidade/mundo narrado. Indica especificidade.	Predomina.
Pessoa do discurso	3ª pessoa do singular ou plural: indica referencialidade e a autoria do trabalho.	Aparece. O aluno se refere principalmente aos *cientistas*.
	1ª pessoal do singular ou plural: indica implicação e autoria.	Não aparece.
Modalizadores ou expressões modalizadoras	Epistêmicas: discurso persuasivo.	No argumento 2, há a utilização de *provavelmente*. Também há o uso expressões modalizadoras de efeito epistêmico: *os cientistas pensaram*.
	Aléticas: discurso autoritário.	Não há modalização explícita. Mas as expressões *"se o DNA tem o poder de...", "descobrissem"* e *"forma de provar que..."* têm um efeito modalizador alético.
	Quantificadoras	*Única.*
Operadores argumentativos	Indica o direcionamento do locutor para somente uma conclusão possível.	*Isso porque, e, se...então,além disso, então.* Indicam condicionalidade e conjunção.
	Indica oposição.	Não há.
Seleção lexical	Palavras que indicam eixo epistêmico (do crer).	*Provavelmente, os cientistas pensaram.*
	Palavras que indicam eixo alético (do saber).	*Descobriu-se, os cientistas percebessem.*
	Plural ou singular para os seres vivos: indica biopopulação.	O plural é utilizado para microorganismos (bactérias e vírus) e o singular é utilizado para camundongo e célula.
	Palavras ou expressões que indicam correção ou confusão conceitual	Confusão conceitual: *a doença se multiplicou.*
Argumento	Substancial	Argumento 3.
	Analítico	Argumentos 1 e 2.
Argumento	Que estabelece garantia	Argumento 1.
	Que usa garantia	Argumento 2.

6.3.8. Análise da resposta do aluno 8

Aluno 8
Porque antes as proteínas eram as principais candidatas a portadoras de informações hereditárias por estarem em várias estruturas. *Quando o DNA do vírus foi visto dentro de uma bactéria, e depois disso se multiplicou formando centenas de indivíduos idênticos ao original, pôde-se concluir que o DNA é o responsável pela informação hereditária.* *Fora isso, os cientistas viram que as bactérias ao terem contato com bactérias mortas, elas ganhavam mais características e sofriam mudanças genéticas. No caso do experimento, bactérias não contaminadas se transformavam em bactérias que causam pneumonia. O que passava essas novas características era o DNA e a afirmação que o DNA é o portador das informações hereditárias foi reforçada.*

Esse foi o único aluno analisado que iniciou o texto explicando que nem sempre o DNA foi considerado a partícula portadora das informações hereditárias. Ele situa no tempo o relato dos experimentos, utilizando os qualificadores *antes* e *quando*. Nesse caso, o aluno traz a controvérsia científica para o texto e a visão de que há mudanças possíveis no pensamento científico. Por outro lado, a utilização da modalidade alética com as expressões *"o DNA do vírus foi visto dentro de uma bactéria"* ou *"os cientistas viram"* revela que adentrar no interior da *caixa-preta* é realmente difícil. Não é possível ver o DNA, mas isso é usado como dado para o aluno estabelecer uma conclusão.

Os cientistas são os sujeitos das orações e o relato é construído com uso de tempos verbais no passado, o presente aparecendo somente na conclusão mais geral e. O aluno estabelece garantias e usa garantias estabelecidas para justificar a alegação.

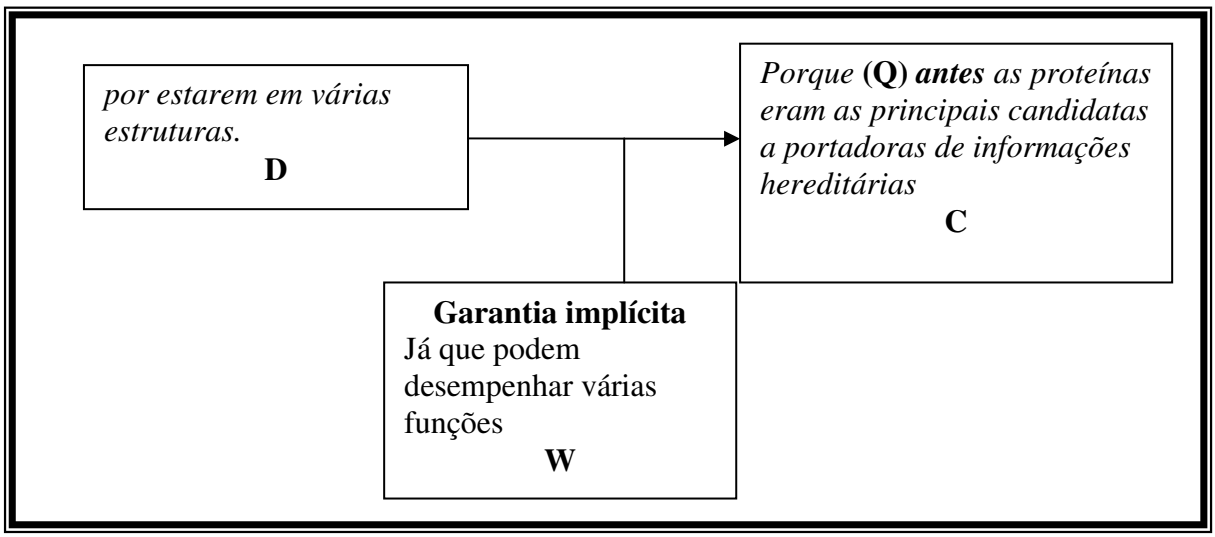


Figura 6.28: Argumento 1 do aluno 8

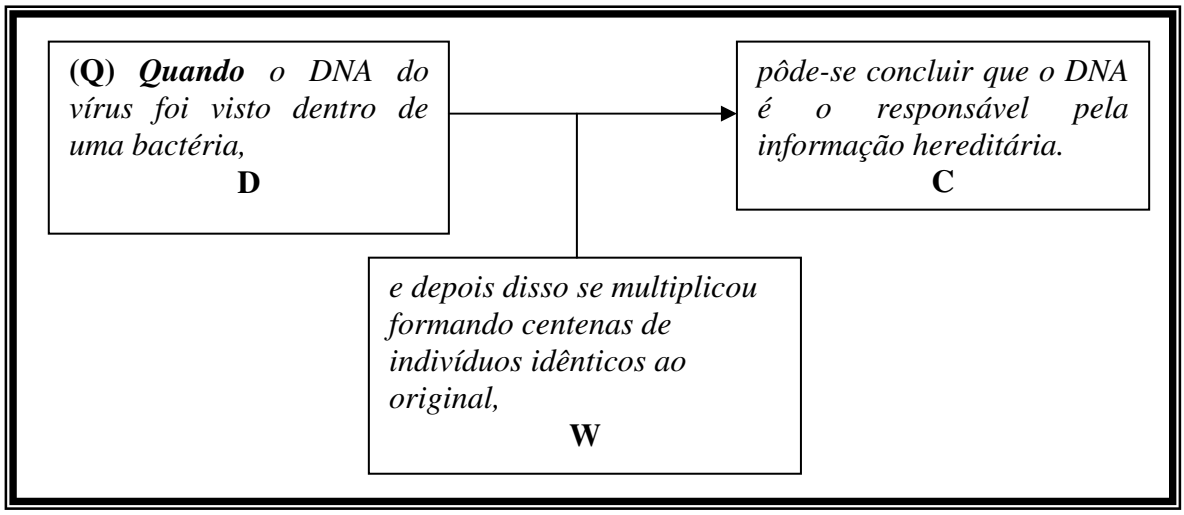


Figura 6.29: Argumento 2 do aluno 8

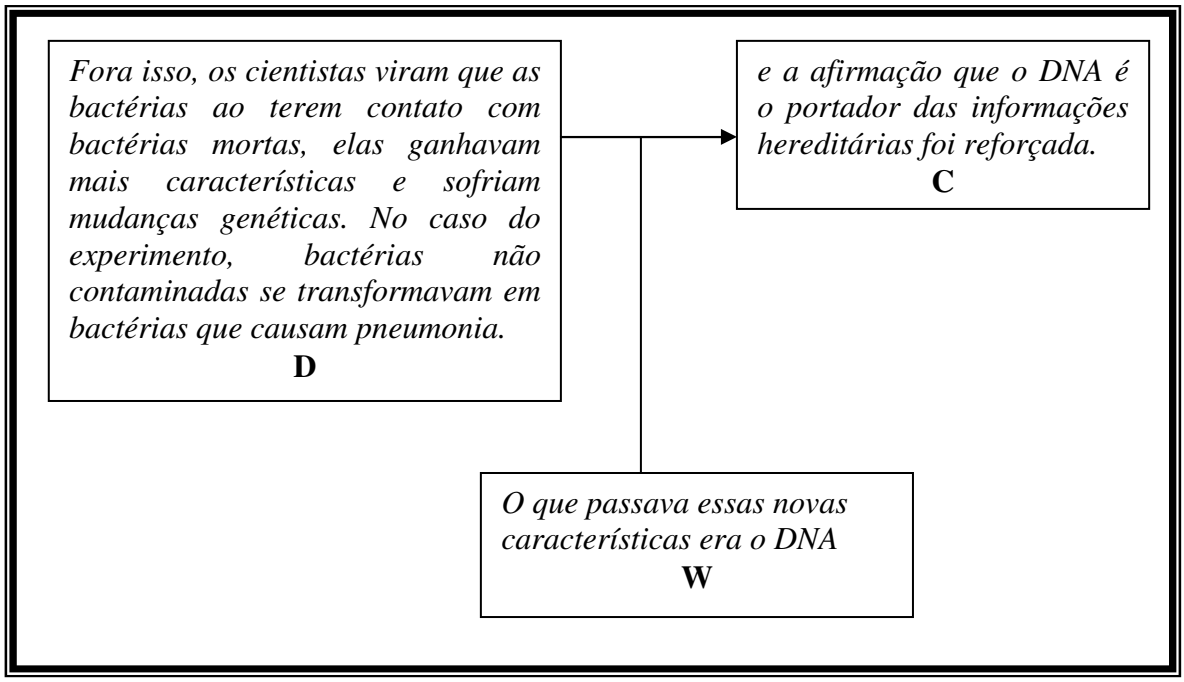


Figura 6.30: Argumento 3 do aluno 8

Tabela 6.17 – Classificação dos elementos do argumento do aluno 8 segundo Toulmin (1958/2006)

	D	C	W	B	Q	R
Argumento 1	*por estarem em várias estruturas.*	*Porque antes as proteínas eram as principais candidatas a portadoras de informações hereditárias*	**Garantia implícita** Já que podem desempenhar várias funções		ant es	
Argumento 2	*Quando o DNA do vírus foi visto dentro de uma bactéria,*	*pôde-se concluir que o DNA é o responsável pela informação hereditária.*	*e depois disso se multiplicou formando centenas de indivíduos idênticos ao original,*		qu an do	
Argumento 3	*Fora isso, os cientistas viram que as bactérias ao terem contato com bactérias mortas, elas ganhavam mais características e sofriam mudanças genéticas. No caso do experimento, bactérias não contaminadas se transformavam em bactérias que causam pneumonia.*	*e a afirmação que o DNA é o portador das informações hereditárias foi reforçada.*	*O que passava essas novas características era o DNA*			

Tabela 6.18 – Análise da resposta do aluno 8.

Marcas utilizadas como categorias de análise		**Marcas encontradas na resposta do aluno 8**
Tempo verbal	Grupo I: indica relação de implicação/mundo comentado. Indica inferência/generalização.	Aparece somente na conclusão mais geral.
	Grupo II: indica referencialidade/mundo narrado. Indica especificidade.	Predomina.
Pessoa do discurso	3ª pessoa do singular ou plural: indica referencialidade e a autoria do trabalho.	Aparece ao situar os cientistas como sujeitos do processo. Predomina.
	1ª pessoal do singular ou plural: indica implicação e autoria.	Não há.
Modalizadores ou expressões modalizadoras	Epistêmicas: discurso persuasivo. Aléticas: discurso autoritário.	Não há. *(continua)* Não há modalização explícita. Mas a expressão *"O DNA foi visto"* tem um efeito modalizador alético.
	Quantificadoras	Não há.
Operadores argumentativos	Indica o direcionamento do locutor para somente uma conclusão possível.	*Porque, e, fora isso.* Indicam conjunção.
	Indica oposição.	Não há.
Seleção lexical	Palavras que indicam eixo epistêmico (do crer).	Não há.
	Palavras que indicam eixo alético (do saber).	*Pode se concluir.*
	Plural ou singular para os seres vivos: indica biopopulação.	Singular e plural.
	Palavras ou expressões que indicam correção ou confusão conceitual	Confusão conceitual: *o DNA foi visto.*
Argumento	Substancial	Argumento 1 e 2.
	Analítico	Argumentos 3.
Argumento	Que estabelece garantia	Argumento 2.
	Que usa garantia	Argumento 1 e 3.

6.3.9. Análise da resposta do aluno 9

Aluno 9
O DNA é portador das informações, pois para as bactérias R vivas se transformarem em S vivas, continham o princípio de transformação no DNA tornando possível a transformação genética das bactérias. Podendo resistir a altas temperaturas e no caso do primeiro experimento 1, pelo menos o DNA de uma das bactérias resistiu e sobreviveu, possibilitando a transformação nas outras bactérias, passando a produzir uma cápsula de proteína em volta do DNA, como as bactérias causadoras de pneumonia. *O DNA contido no vírus penetra na bactéria, pois a partir da marcação feita no DNA e na cápsula de proteína do vírus, foi possível observar que apenas o fósforo radioativo (que marca o DNA) entrou na bactéria, produzindo em pouco tempo novos outros vírus completos, incluindo a cápsula de proteína. Como ele produziu outros vírus, se concluiu que o DNA que era portador do material hereditário.* *A relação entre os dois experimentos é que como as bactérias que continham o DNA e era ele que tinha o princípio transformante. Pois ao colocar o DNA do vírus em outro ambiente eles se reproduziram formando novos vírus semelhantes a eles tanto no primeiro caso como no segundo. E no princípio da vida as bactérias se modificavam facilmente, possibilitando atualmente a grande diversidade atual.*

Há uma marca de impessoalidade no texto do aluno quando ele trata os processos com uso da terceira pessoa do singular, ou quando situa o DNA ou as substâncias como sujeito. O tempo presente aparece nas conclusões mais genéricas, sendo o passado predominante ao relatar os experimentos. A modalidade alética predomina. Interessante notar o uso tanto do plural como do singular para designar bactérias e vírus. Interessante, ainda, notar que o aluno faz uso do qualificador *"pelo menos"* para indicar o fato de que o DNA de apenas uma bactéria sobrevivente seria suficiente para causar a transformação de outras bactérias de forma a ser observável experimentalmente.

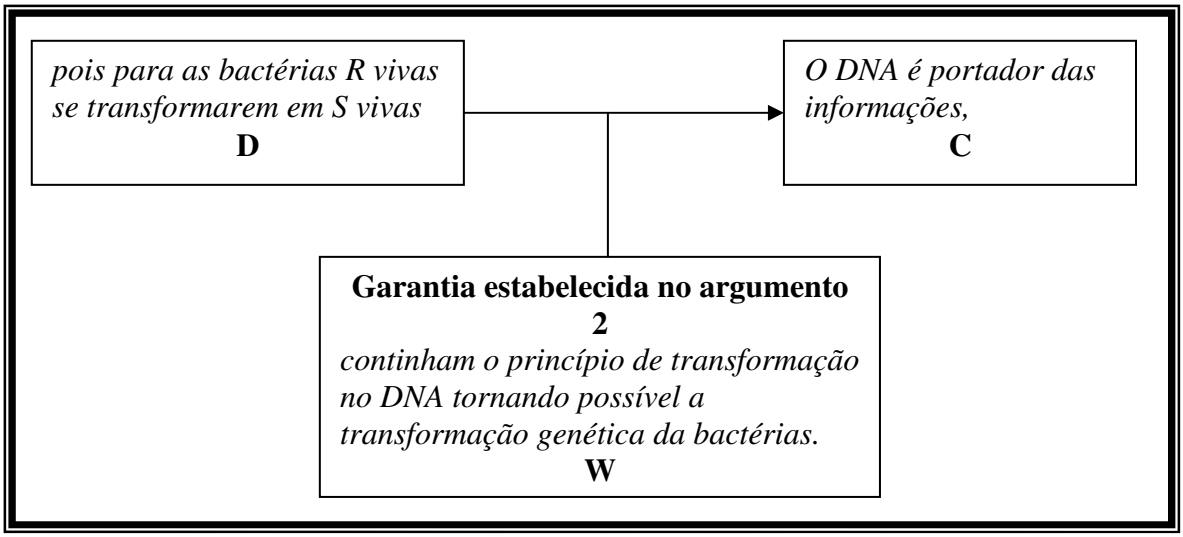


Figura 6.31: Argumento 1 do aluno 9

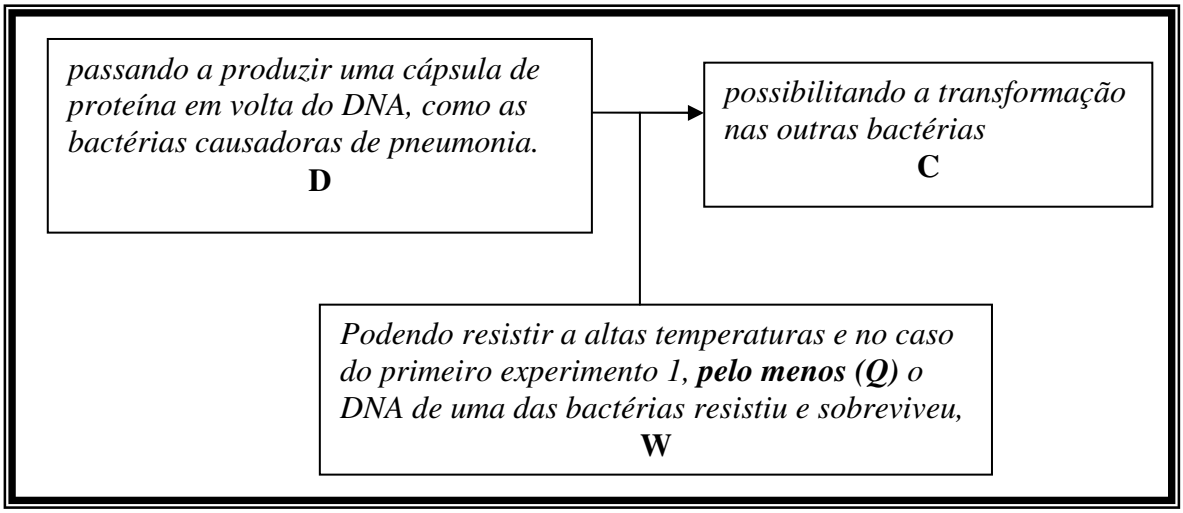


Figura 6.32: Argumento 2 do aluno 9

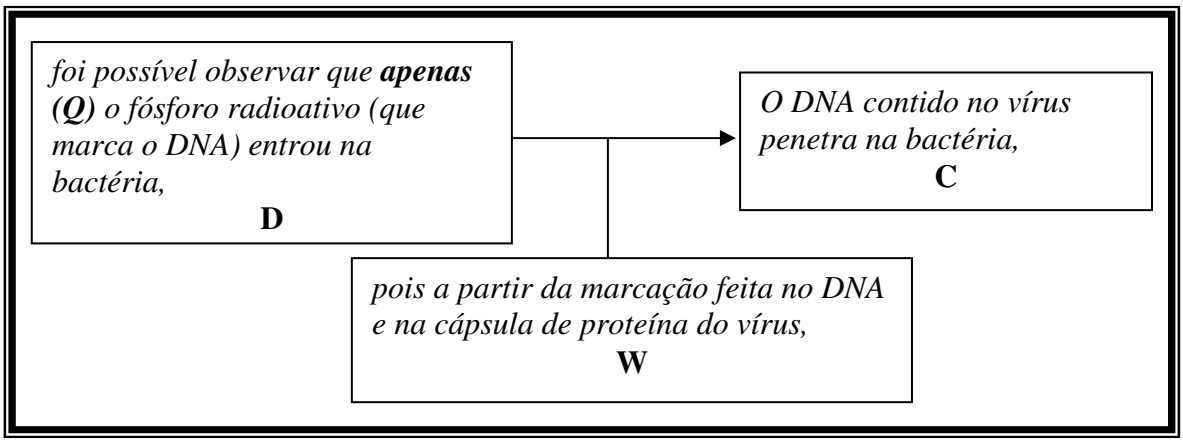


Figura 6.33: Argumento 3 do aluno 9

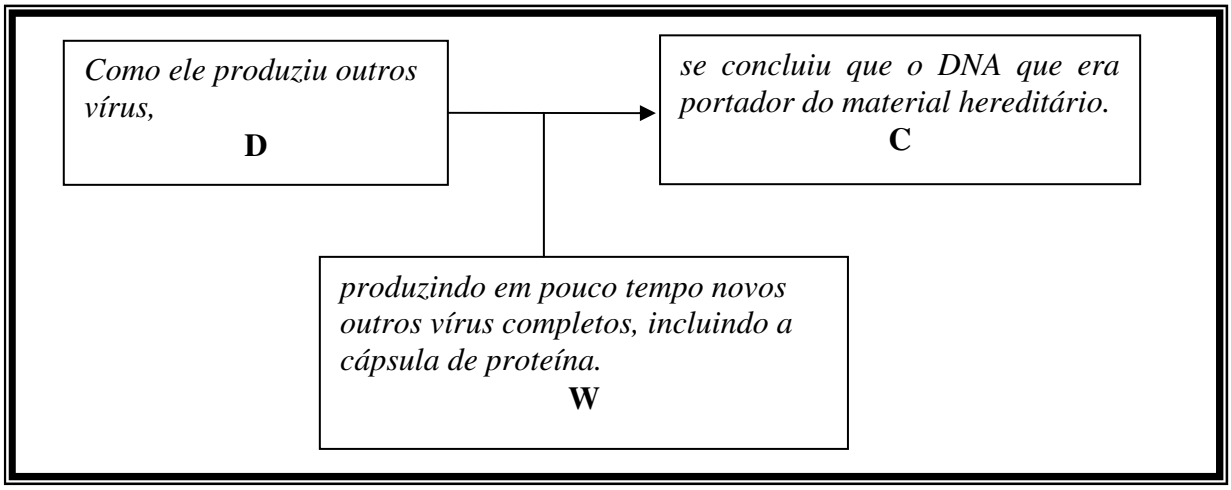


Figura 6.34: Argumento 4 do aluno 9

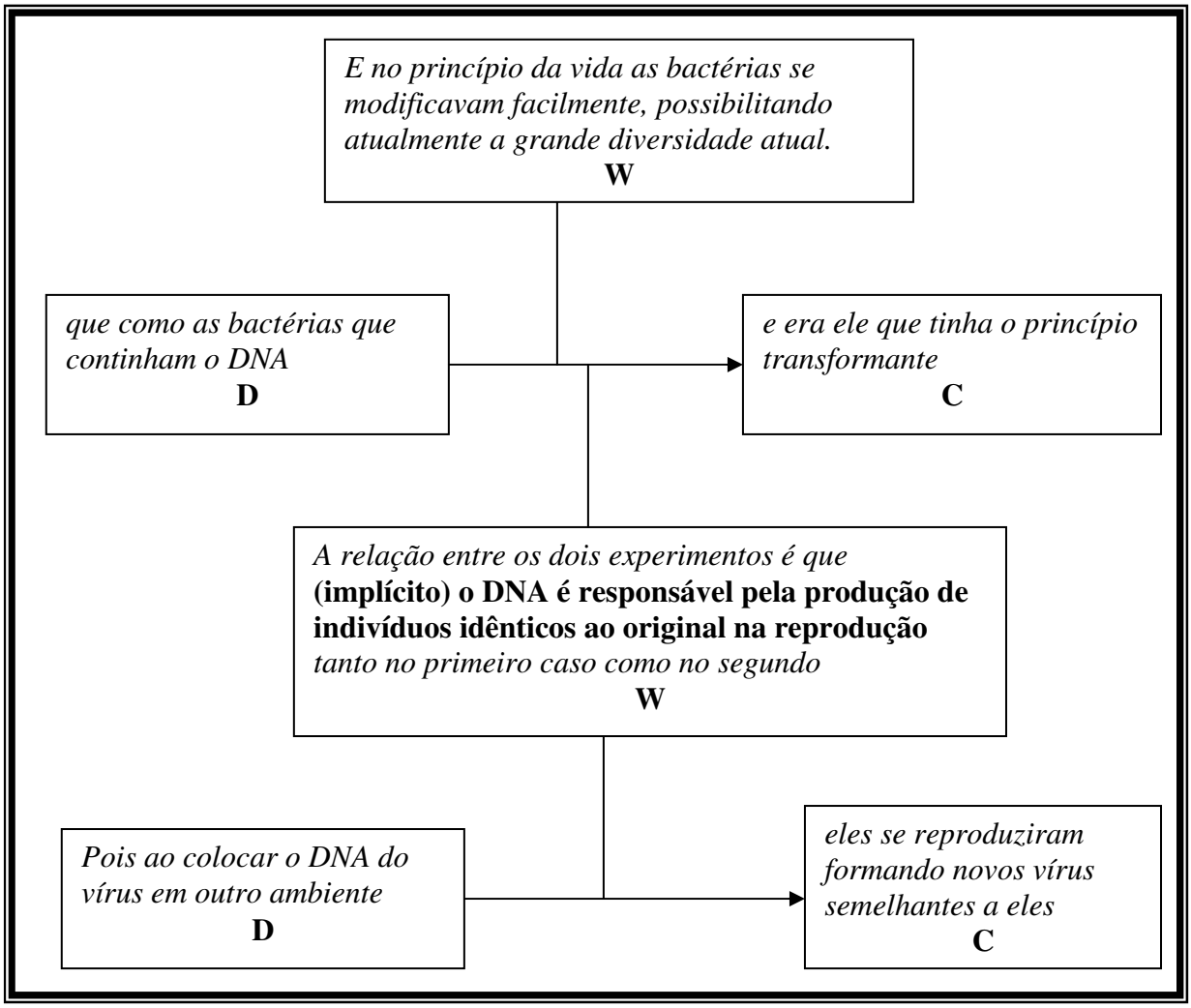


Figura 6.35: Argumento 5 do aluno 9

Tabela 6.19 – Classificação dos elementos do argumento do aluno 9 segundo Toulmin (1958/2006)

	D	C	W		B	Q	R
Argumento 1	*pois para as bactérias R vivas se transformarem em S vivas*	*O DNA é portador das informações*	**Garantia estabelecida no argumento 2** *continham o princípio de transformação no DNA tornando possível a transformação genética da bactérias.*				
Argumento 2	*passando a produzir uma cápsula de proteína em volta do DNA, como as bactérias causadoras de pneumonia.*	*possibilitando a transformação nas outras bactérias*	*Podendo resistir a altas temperaturas e no caso do primeiro experimento 1, pelo menos o DNA de uma das bactérias resistiu e sobreviveu,*			*Pelo menos*	
Argumento 3	*foi possível observar que apenas o fósforo radioativo (que marca o DNA) entrou na bactéria,*	*O DNA contido no vírus penetra na bactéria,*	*pois a partir da marcação feita no DNA e na cápsula de proteína do vírus,*			*Apenas*	
Argumento 4	*Como ele produziu outros vírus,*	*se concluiu que o DNA que era portador do material hereditário*	*produzindo em pouco tempo novos outros vírus completos, incluindo a cápsula de proteína.*				
Argumento 5	*que como as bactérias que continham o DNA*	*e era ele que tinha o princípio transformante*	*E no princípio da vida as bactérias se modificavam facilmente, possibilitando atualmente a grande diversidade atual.*	*A relação entre os dois experimentos é que* **(implícito) o DNA é responsável pela produção de indivíduos idênticos ao original na reprodução** *tanto no primeiro caso como no segundo*			
	Pois ao colocar o DNA do vírus em outro ambiente	*eles se reproduziram formando novos vírus semelhantes a eles*					

Tabela 6.20 – Análise da resposta do aluno 9.

Marcas utilizadas como categorias de análise		**Marcas encontradas na resposta do aluno 9**
Tempo verbal	Grupo I: indica relação de implicação/mundo comentado. Indica inferência/generalização.	Aparece apenas em conclusões mais genéricas.
	Grupo II: indica referencialidade/mundo narrado. Indica especificidade.	Predomina.
Pessoa do discurso	3ª pessoa do singular ou plural: indica referencialidade e a autoria do trabalho.	Aparece ao situar o DNA ou as substâncias como sujeito do processo. Aparece também a impessoalidade: *Foi marcado, ao colocar,*
	1ª pessoal do singular ou plural: indica implicação e autoria.	Não aparece.
Modalizadores ou expressões modalizadoras	Epistêmicas: discurso persuasivo.	Não há.
	Aléticas: discurso autoritário.	*Possibilitando, Foi possível observar, tornando possível* são expressões que têm um efeito modalizador alético.
	Quantificadoras	*Pelo menos.*
Operadores argumentativos	Indica o direcionamento do locutor para somente uma conclusão possível.	*Tanto...como, , como...se, incluindo,pois, e.* Indicam conjunção.
	Indica oposição.	Não há.
Seleção lexical	Palavras que indicam eixo epistêmico (do crer).	Não há.
	Palavras que indicam eixo alético (do saber).	*Possibilitando, possível.*
	Plural ou singular para os seres vivos: indica biopopulação.	Aparece tanto o plural como o singular para designar bactérias e vírus.
	Palavras ou expressões que indicam confusão conceitual	Não há.
Argumento	Substancial	Argumentos 2, 4 e 5.
	Analítico	Argumentos 1 e 3.
Argumento	Que estabelece garantia	Argumentos 1, 3 e 4.
	Que usa garantia	Argumento 2.

6.3.10. Análise da resposta do aluno 10

Aluno 10
As conclusões dos experimentos 1 e 2 permitem afirmar que o DNA é o portador das informações hereditárias, pois a continuidade de uma espécie depende fundamentalmente do processo de multiplicação celular, ou seja, a divisão celular permite aos organismos unicelulares um aumento do número de indivíduos (reprodução assexuada). *Já a divisão celular em organismos pluricelulares produz um crescimento de indivíduos pelo aumento do número de células em seu corpo, ou conduz a reparação de células perdidas, ou ainda capacita-os a reprodução de sua espécie através da formação de células especiais, como os gametas (reprodução sexuada).* *Portanto, conclui-se que o DNA é princípio transformante (no experimento de Oswald Avery e Fred Griffith as bactérias foram transformadas em S, estas se reproduzem, transmitindo as bactérias-filhas informações genéticas incorporadas pelo transplante), assim o DNA depois de sucessivas divisões, proporciona a formação de um novo organismo – como no caso do vírus que infectou a célula da bactéria e formou-se novos "vírus-filhos" com o próprio DNA do "vírus-pai" – pois o DNA é o portador das informações hereditárias.*

Apesar de o texto apresentar informações irrelevantes para a resposta (como a reprodução de organismos multicelulares), o aluno consegue estabelecer algumas relações. O tempo passado é utilizado somente nos relatos dos experimentos, enquanto o tempo presente predomina ao longo do texto. Isso é coerente com a impessoalidade do texto, no qual às substâncias é conferido o status de sujeito. Há a referência nominal aos cientistas que realizaram os experimentos da transformação bacteriana. O texto apresenta como recurso apenas a modalidade alética. Tanto o plural como o singular são usados pelo aluno para se referir às bactérias. Além de argumentos substanciais, argumentos analíticos são construídos, o que confere um caráter de tautologia para a resposta.

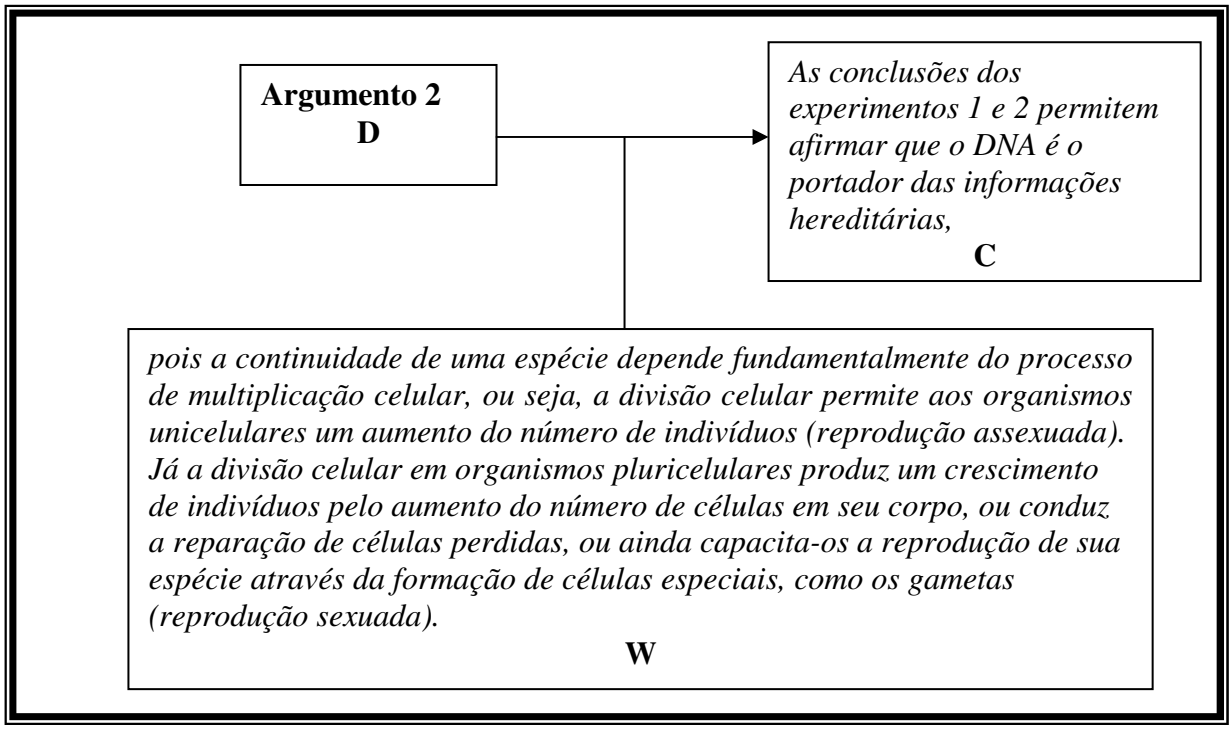


Figura 6.36: Argumento 1 do aluno 10

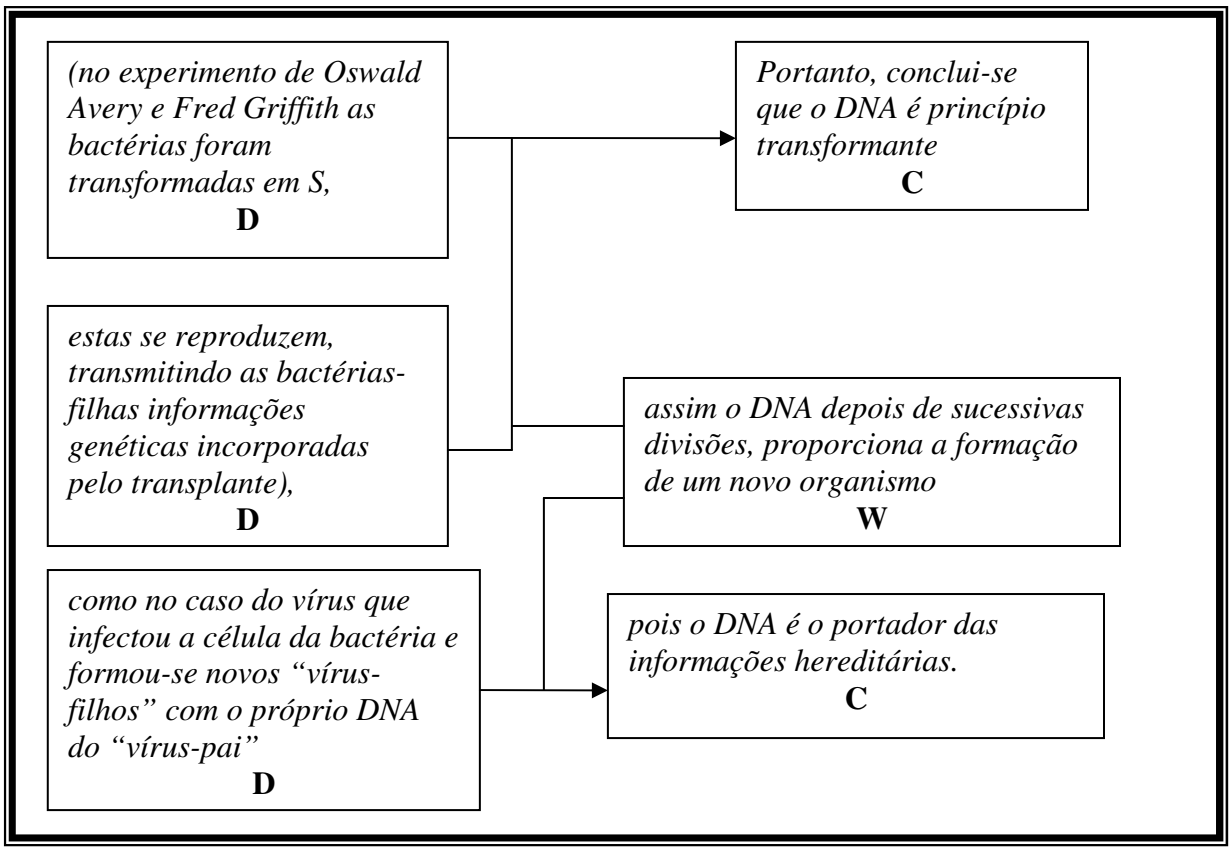


Figura 6.37: Argumento 2 do aluno 10

Tabela 6. 21 – Classificação dos elementos do argumento do aluno 10 segundo Toulmin (1958/2006)

	D	C	W	B	Q	R
Argumento 1	Argumento 2	*As conclusões dos experimentos 1 e 2 permitem afirmar que o DNA é o portador das informações hereditárias,*	*pois a continuidade de uma espécie depende fundamentalmente do processo de multiplicação celular, ou seja, a divisão celular permite aos organismos unicelulares um aumento do número de indivíduos (reprodução assexuada).* *Já a divisão celular em organismos pluricelulares produz um crescimento de indivíduos pelo aumento do número de células em seu corpo, ou conduz a reparação de células perdidas, ou ainda capacita-os a reprodução de sua espécie através da formação de células especiais, como os gametas (reprodução sexuada).*			
Argumento 2	*(no experimento de Oswald Avery e Fred Griffith as bactérias foram transformadas em S,* *estas se reproduzem, transmitindo as bactérias-filhas informações genéticas incorporadas pelo transplante),* *pois o DNA é o portador das informações hereditárias.*	*Portanto, conclui-se que o DNA é princípio transformante* *como no caso do vírus que infectou a célula da bactéria e formou-se novos "vírus-filhos" com o próprio DNA do "vírus-pai"*	*assim o DNA depois de sucessivas divisões, proporciona a formação de um novo organismo*			

Tabela 6.22 – Análise da resposta do aluno 10.

Marcas utilizadas como categorias de análise		**Marcas encontradas na resposta do aluno 10**
Tempo verbal	Grupo I: indica relação de implicação/mundo comentado. Indica inferência/generalização.	Predomina em todos os elementos dos argumentos.
	Grupo II: indica referencialidade/mundo narrado. Indica especificidade.	Aparece somente nos relatos dos experimentos.
Pessoa do discurso	3ª pessoa do singular ou plural: indica referencialidade e a autoria do trabalho.	Aparece ao situar o DNA ou as substâncias como sujeito do processo.
	1ª pessoal do singular ou plural: indica implicação e autoria.	Não aparece.
Modalizadores ou expressões modalizadoras	Epistêmicas: discurso persuasivo.	Não há.
	Aléticas: discurso autoritário.	*Permite, permitem afirmar.*
	Quantificadoras	Não há.
Operadores argumentativos	Indica o direcionamento do locutor para somente uma conclusão possível.	*Pois, ou seja, já, ou, ou ainda, portanto, assim, como.* Indicam conjunção.
	Indica oposição.	Não há.
Seleção lexical	Palavras que indicam eixo epistêmico (do crer).	Não há.
	Palavras que indicam eixo alético (do saber).	*Permite.*
	Plural ou singular para os seres vivos: indica biopopulação.	Aparece tanto o plural como o singular para designar bactérias e vírus..
	Palavras ou expressões que indicam correção ou confusão conceitual	Aparecem informações irrelevantes para a correção da resposta (reprodução em organismos multicelulares).
Argumento	Substancial	Argumento 1 e 2.
	Analítico	Não aparece.
Argumento	Que estabelece garantia	Argumento 2..
	Que usa garantia	Argumento 1.

6.3.11. Síntese da análise das respostas dos alunos

Para compararmos as análises dos textos dos cientistas, da professora e dos alunos, fizemos uma síntese da análise dos alunos, exposta na tabela seguir.

Tabela 6.23 – Análise das respostas dos alunos

Marcas utilizadas como categorias de análise		**Marcas encontradas nas respostas dos alunos**
Tempo verbal	Grupo I	Aparece principalmente nas conclusões ou nos argumentos mais gerais (só predomina em 1 aluno).
	Grupo II	Predomina nas construções textuais que se caracterizam por relatar os experimentos dos cientistas.
Pessoa do discurso	3ª pessoa	Predomina na produção dos alunos. Três alunos citam nome dos cientistas e 3 deles se referem de maneira genérica a *"cientistas"*. Aparece para situar o DNA ou as substâncias como sujeitos do processo.
	1ª pessoal	Apenas 3 alunos usam a 1ª pessoa do plural (como resposta à pergunta da professora).
Modalizadores ou expressões modalizadoras	Epistêmicas	Apenas 2 alunos (*provavelmente*)
	Aléticas	Aparece em todos os alunos.
	Quantificadoras	Aparece em 4 alunos, mas relacionadas com modalidade alética (*único, apenas*).
Operadores argumentativos	Direcionamento do locutor	*Porque, mas, assim, pois, sendo que, e, ou seja, já que, sendo assim, e só, já, tanto...quanto, por isso, assim, se...então, portanto, além disso, isso porque, então, como...se, incluindo, ou, ou ainda, como.* A relação de conjunção aparece em todos os alunos e a de condicionalidade apenas em três.
	Indica oposição.	*Apesar, embora.*
Seleção lexical	Eixo epistêmico	*Provavelmente* (somente 2 alunos).
	Eixo alético	Em todos os alunos. *Fica claro, podemos deduzir, percebemos, podemos afirmar, possibilitando, possível, descobriu-se, os cientistas percebessem, conclui-se, comprova-se, permitem afirmar que, foi provado, foi confirmado, descobrir, permitiu observar.*
	Plural ou singular	7 alunos utilizam as duas modalidades no mesmo texto (em 3 deles, o singular é utilizado para camundongo e o plural para os microorganismos). 2 alunos usam só o singular e 2 alunos, só o plural.
	Confusão conceitual	Há confusão conceitual em todos os alunos.
Argumento	Substancial	Aparece em todos os alunos.
	Analítico	Aparece em 8 alunos.
Argumento	Que estabelece garantia	Aparece em todos os alunos.
	Que usa garantia	Aparece em todos os alunos.

Em geral, nas respostas dos alunos, o tempo verbal presente aparece principalmente nas conclusões ou nos argumentos mais gerais, o que indica o estabelecimento de generalizações. O tempo verbal passado predomina nas construções textuais que se caracterizam por relatar os experimentos dos cientistas. O uso da 3ª pessoa predomina em todos os alunos, sendo que tem a função de situar o DNA ou as substâncias como sujeitos do processo. Em seis alunos há a referência aos cientistas como autores das idéias. A 1ª pessoal do plural é utilizada por três alunos em resposta à questão da professora.

Nas respostas dos alunos predomina a modalidade alética e operadores argumentativos que direcionam para uma única conclusão possível, estabelecendo relações de conjunção entre as orações. A condicionalidade explícita está associada à modalidade epistêmica. No entanto, podemos dizer que mesmo não explicitando a relação condicional, ou seja, mesmo não construindo orações do tipo *se ... então*, é possível inferir que os alunos utilizam essa forma de raciocínio quando elaboram o argumento. A classificação no padrão do argumento de Toulmin evidenciou que os alunos estabelecem relações de condicionalidade entre dados, garantias e conclusões, apesar de não tornar isso visível com a utilização correta de operadores argumentativos.

É notória a confusão entre o plural e o singular, principalmente para os alunos se referirem aos microorganismos, o que é evidenciado no texto de seis alunos em que eles alternam o uso do singular e do plural.

De uma maneira geral, os alunos estabelecem garantias nos argumentos mais específicos, que serão utilizadas para o argumento mais geral que responde diretamente à pergunta da professora.

Além de argumentos substanciais, alguns alunos constróem também argumentos analíticos como forma de responder à questão geral da professora.

6.4. ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS TEXTOS DOS CIENTISTAS, DA PROFESSORA E DOS ALUNOS

Tabela 6.24 – Análise comparativa entre os textos dos cientistas, da professora e dos alunos

Categorias de análise		CIENTISTAS	PROFESSORA	ALUNOS
Tempo verbal	Grupo I	Aparece quando os autores se referem ao próprio trabalho para explicar algum resultado e/ou realizar alguma inferência/generalização.	Utilizado tanto para o dado como para a conclusão.	Aparece principalmente nas conclusões ou nos argumentos mais gerais (só predomina em 1 aluno).
	Grupo II	Aparece quando descrevem/relatam outros experimentos ou para se referir a algum resultado específico.	Não aparece.	Predomina nas construções textuais que se caracterizam por relatar os experimentos dos cientistas.
Pessoa do discurso	3ª pessoa	Aparece quando os autores se referem a outros trabalhos. É freqüente a referência nominal a outros autores.	Os resultados dos experimentos são o sujeito.	Predomina na produção dos alunos. Três alunos citam nome dos cientistas e 3 deles se referem de maneira genérica a *"cientistas"*. Aparece para situar o DNA ou as substâncias como sujeitos do processo.
	1ª pessoal	Aparece quando os autores se referem ao próprio trabalho. É freqüente o uso impessoal do trabalho como sujeito.	Não aparece.	Apenas 3 alunos usam a 1ª pessoa do plural (como resposta à pergunta da professora).
Modalizadores	Epistêmicas	Aparece na discussão.	Não há.	Apenas 2 alunos (*provavelmente*)
	Aléticas	Aparece na conclusão.	Aparece.	Aparece em todos os alunos.
	Quantificadoras	Aparece na discussão.	Não há.	Aparece em 4 alunos, mas relacionadas com modalidade alética (*único, apenas*).
Operadores argumentativos	Uma conclusão possível.	*E, de fato, uma vez que, mais do que isso, portanto, não só... mas também, se...então.* A relação condicional é mais freqüente na discussão e a relação de conjunção é mais freqüente na conclusão.	*Porque, e.*	*Porque, mas, assim, pois, sendo que, e, ou seja, já que, sendo assim, e só, já, tanto...quanto, por isso, assim, se...então, portanto, além disso, isso porque, então, como...se, incluindo, ou, ou ainda, como.* A relação de conjunção aparece em todos os alunos e a de condicionalidade apenas em três.
	Oposição	----------	----------	*Apesar, embora.*
Seleção lexical	Eixo epistêmico	*Evidência, hipótese, sugere, crença.*	Não há.	*Provavelmente* (somente 2 alunos).
	Eixo alético	*Demonstrou, mostrou, fato, descoberta, provar.*	*Permitem afirmar.*	Em todos os alunos. *Fica claro, podemos deduzir, percebemos, podemos afirmar, possibilitando, possível, descobriu-se, os cientistas percebessem, conclui-se, comprova-se, permitem afirmar que, foi provado, foi confirmado, descobrir, permitiu observar.*
	Plural ou singular	Aparece o plural. O singular aparece no texto de Hershey-Chase nas conclusões gerais (*phage).*	Aparece o singular.	7 alunos utilizam as duas modalidades no mesmo texto (em 3 deles, o singular é utilizado para camundongo e o plural para os microorganismos). 2 alunos usam só o singular e 2 alunos, só o plural.
	Confusão conceitual	----------	----------	Há confusão conceitual em todos os alunos.

(continua)

Categorias de análise		CIENTISTAS	PROFESSORA	ALUNOS *(continuação)*
Argu mento	Substancial	Aparece.	----------	Aparece em todos os alunos.
	Analítico	É o argumento geral dos textos.	----------	Aparece em 8 alunos.
Argu Mento	Que estabelece garantia	Resultados de vários experimentos ao longo do artigo	----------	Aparece em todos os alunos.
	Que usa garantia	Estabelecida pela validade dos resultados dos experimentos para afirmar sua conclusão final	----------	Aparece em todos os alunos.

Para a análise, achamos conveniente agrupar certas categorias e discuti-las nos seguintes itens.

6.4.1. Tempo verbal e pessoa do discurso

No texto dos cientistas predomina tempos verbais do grupo I (presente) e o passado é utilizado para a referência a outros experimentos ou a resultados específicos. Apesar de a professora fazer uso do presente do indicativo para elaborar a questão, tempos verbais do grupo II predominam nos textos dos alunos. Não foram eles que realizaram os experimentos, mas os alunos reelaboram uma história que ouviram e tiveram a oportunidade de discutir em sala de aula, o que é comum quando a história da ciência é introduzida no currículo.

Os experimentos de Avery e Hershey-Chase, uma vez que buscam identificar a molécula responsável por determinados processos, fazem parte de um corpo de conhecimento na biologia interessado em entender a construção de um novo indivíduo a partir de respostas a perguntas do tipo "Como?" e, por isso, estão situados no campo da biologia funcional, (MAYR, 2008, p. 226). Os cientistas não estão preocupados, nesse momento, em responder por que a transformação bacteriana acontece ou qual é o papel do DNA na replicação do vírus. O objetivo é identificar a natureza da molécula que é transportada de bactéria em bactéria num experimento e de vírus para bactéria em outro.

Mesmo assim, esse conteúdo é transformado em uma narrativa histórica pela professora (o que pode ser conferido no anexo 1: a ficha entregue aos alunos cita os nomes das personagens principais e é pautada nos eventos em ordem cronológica) como estratégia pedagógica para que os alunos atinjam os objetivos de a) compreender que o DNA é a molécula responsável pelas informações hereditárias e b) compreender que essa é uma noção relativamente recente na história da biologia e que, para se chegar a ela, o percurso envolveu várias etapas e várias personagens. A inserção da perspectiva histórica é uma maneira de fazer

o estudante perceber por que a ciência segue determinado paradigma. Por que, atualmente, se acredita que o DNA é o portador das informações hereditárias? Ao responder perguntas do tipo "Por quê?", a atividade científica adquire um caráter de narrativa histórica (MAYR, 2008).

A escolha dos tempos verbais pelos autores dos textos (cientistas e alunos) revela a recontextualização da biologia funcional para uma narrativa histórica, evidenciando as transformações pelas quais a primeira sofre ao entrar no domínio da cultura escolar[45].

Se o tempo passado é indicativo da transformação da biologia funcional em narrativa histórica, a utilização do tempo presente pelos alunos mostra a tentativa de realizar a generalização solicitada pela professora. Apenas o aluno 2 constrói todo o seu texto no passado. Os outros alunos usam o passado nas conclusões que afirmam os resultados dos experimentos dos cientistas, enquanto que as conclusões mais gerais são enunciadas no presente. A generalização também faz parte do discurso dos cientistas; no entanto, no seu texto, eles usam o presente para afirmar aquelas conclusões que são elaboradas no passado pelos alunos. Por exemplo, a conclusão do experimento de Avery é enunciada no presente: um ácido nucléico de desoxirribose *é* a unidade fundamental do princípio transformante. Ao estabelecerem a garantia para a conclusão mais geral de que o DNA é o portador das informações hereditárias, os alunos utilizam o passado; o argumento 5 do aluno 3 mostra isso: *"... várias substâncias foram acrescentadas ao princípio, uma delas que foi a desoxirribonuclease que quebrou o princípio transformante, deduzindo que era o DNA"*.

Para nós, isso indica claramente a hibridação entre o mundo narrado da cultura científica e o mundo comentado da sala de aula de biologia. Enquanto que o tempo passado revela um mundo distante dos alunos – o de experimentos complexos realizados há décadas atrás, parte de uma cultura na qual o estudante não participa –, os seus resultados, o seu conteúdo, são importantes para a realização da generalização proposta pela professora, são importantes para a exigência imediata que os implica diretamente.

Além disso, acreditamos que o fato de os alunos transitarem pelos tempos verbais dessa maneira pode ser um dos indicativos de que os alunos compreenderam aquilo que a professora pretendia ensinar. Eles deram um sentido aos relatos da história da ciência, não só relacionando-os com a afirmação categórica da professora, mas apresentando

[45] O que queremos dizer aqui é que a biologia funcional, na cultura escolar, se torna uma **narrativa** histórica, mas nunca irá se tornar uma **biologia** histórica, parte da cultura científica com seus objetos e metodologias próprios. Apenas tomamos emprestado o conceito de narrativa histórica tal como exposto em Mayr (2005, 2008).

justificativas/garantias. Para El-Hani e Mortimer (2007), estabelecer relações, dar sentido e justificar são componentes integrantes do processo de compreensão.

Por outro lado, a narrativa histórica construída pelos alunos apresentou como sujeito, principalmente, o DNA, o reagente, o fósforo radioativo, as bactérias, ou seja, o sujeito das frases construídas pelos alunos são as substâncias utilizadas nos experimentos. Já no texto dos cientistas, a não ser nas conclusões mais gerais, esse tipo de construção textual aparece em menor grau; mais freqüente é a referência nominal a outros autores e o uso impessoal do próprio trabalho do autor como sujeito. A impessoalidade nos dois tipos de texto, portanto, são comuns, apesar de marcadas de forma diferenciada, evidenciando mais uma hibridação. Parece que essa amostra de alunos do 3º ano do Ensino Médio da Escola de Aplicação da FEUSP está, aos poucos, aplicando uma das características utilizadas no texto científico (pelo menos, nos textos analisados aqui) – no caso, a impessoalidade –, a um contexto específico.

Por outro lado, atribuir o DNA ou as substâncias como sujeitos das frases significa tomar um dado construído em laboratório como uma verdade. Nas seções dos artigos científicos destinadas à analise dos resultados e à discussão, os autores modalizam seus resultados por meio de qualificadores quantitativos (por exemplo, quando Hershey e Chase afirmam que um resíduo de pelo menos 80% da proteína contendo enxofre permanece na superfície da célula) e mostram que o que estão perseguindo são substâncias radioativas que utilizaram para marcar o enxofre da proteína e o fósforo do DNA. No entanto, eles concluem que a maior parte do DNA entra nas células como se isso fosse um fato, transformando resultados de experimentos modalizados em asserções.

> *Os fatos colocados mostram que a maior parte do enxofre dos vírus permanece na superfície celular e a maior parte do DNA dos vírus entra na célula durante a infecção* (HERSHEY; CHASE, 1952, p. 55, tradução nossa).

Os fatos são os resultados dos experimentos que envolveram um aparato tecnológico desenvolvido, a coleta de inscrições e a interpretação dessas inscrições pelos cientistas. Latour (2000) aponta que essa transformação de dados experimentais em fatos é comum na cultura científica e que o cientista, muitas vezes, se comporta como se fosse um simples porta-voz das inscrições, ou seja, que ele fala em nome dos gráficos, tabelas e marcadores como se esses formassem um retrato fiel e transparente do fenômeno estudado.

Apenas o aluno 8 diz que *"o DNA do vírus foi visto dentro de uma bactéria"* ou que *"os cientistas viram"*. Dizer isso é diferente de afirmar que *"o DNA entrou"*. Usar voz passiva e colocar os cientistas como sujeitos da oração indica a contextualização da narrativa, indica que o aluno circunscreveu os dados a um sujeito humano, real que consegue até ver o DNA.

6.4.2. Modalizadores, operadores argumentativos e seleção lexical

Diversos operadores argumentativos são utilizados tanto nos textos dos alunos quanto nos dos cientistas. No entanto, a relação de condicionalidade aparece explicitamente no texto dos cientistas na seção em que discutem os resultados dos experimentos. A relação de conjunção é freqüente nas conclusões. Nos textos dos alunos é mais comum o uso da relação de conjunção, o que é coerente com o fato de a seqüência didática discutir apenas os resultados dos experimentos dos cientistas e de a questão elaborada pela professora fazer uso dessa relação.

A modalidade epistêmica também aparece somente na discussão dos resultados nos textos dos cientistas. Ao analisar o conteúdo a que se referem, percebemos que o que está em jogo na discussão e confere um caráter de provisório à ciência – de algo que necessita ser reiteradamente testado, que solicita o diálogo com outros cientistas – só pode ser compreendido e verificado por quem faz ciência.

No artigo de Avery, MacLeod e McCarty (1944), por exemplo, a proporção entre nitrogênio e fósforo presentes em várias amostras de princípio transformante é calculada e comparada com o esperado para a partícula do *sal desoxirribonucléico*. A partir disso, a equipe trabalhou com a crença de que o princípio transformante era o DNA, mesmo afirmando que não era possível estabelecer que a substância isolada era uma entidade química pura. Foi somente em 1952 que o seu grupo conseguiu amostras mais purificadas e pôde refazer seus experimentos, obtendo resultados semelhantes. Na página 153, os autores admitem que *"muitas fases do problema da transformação requer posterior estudo e muitas questões permanecem sem respostas principalmente por conta de dificuldades técnicas"*. E quem resolverá ou minimizará essas dificuldades técnicas senão a própria comunidade científica? Para repetir, contestar ou reafirmar os resultados desses experimentos é necessário ter todo o aparato tecnológico que possibilita sua realização. Portanto, a modalização epistêmica é direcionada para os próprios praticantes da cultura científica.

De uma maneira bastante irreverente, para investigar a cultura científica Latour (2000) cria uma personagem e pretende observar o que acontece com ela quando discorda de uma alegação científica. Em um primeiro momento, essa personagem (apelidada de *discordante*) busca respostas às suas discordâncias no interior da ciência e, nesse percurso, "descobre" que

> *O que está por trás das alegações? Textos. E por trás dos textos? Mais textos, cada vez mais técnicos porque trazem à baila cada vez mais artigos. Por trás desses artigos? Gráficos, inscrições, rótulos, tabelas, mapas, dispostos em camadas. Por trás dessas inscrições? Instrumentos, de todas as formas, idades e custos, que acabam por desenhar, registrar, fazer vários tipos de traçados. Por trás dos instrumentos? Porta-vozes de todos os tipos e modos, que comentam os gráficos e "simplesmente" dizem o que eles significam. Por trás destes? Um arsenal de instrumentos. Por trás destes? Provas de força para avaliar a resistência dos elos que unem os representantes àquilo em cujo nome eles falam* (LATOUR, 2000, p. 130-131).

Depois de tudo isso, se o discordante quiser continuar a compreender e/ou refutar a alegação (do interior da própria ciência), não tem outra saída senão a construção de um outro laboratório de pesquisa em que possa colher inscrições pertinentes e reunir mais provas de força para contra-argumentar. Por exigir esse sem número de associações e recursos para elaborar ou contra-argumentar uma alegação, os indivíduos que não participam dessa cultura são isolados e forçados a aceitá-la como fato.

Assim, quando recontextualizadas para a cultura escolar, mesmo num âmbito no qual a história e filosofia da ciência estejam inseridas no ensino das disciplinas científicas, os problemas levantados nas discussões dos experimentos dos casos analisados não são transpostos para a sala de aula de biologia. As partes desses textos científicos que foram selecionadas são, justamente, as que usam a modalidade alética e se referem à conclusão elaborada pelos cientistas a partir dos resultados de seus experimentos.

Os cientistas também se utilizam da modalidade alética por meio de termos como *"descoberta", "provar"*. Parece que, na cultura escolar, as escolhas do que ensinar e a compreensão do aluno estão mais relacionados com a aplicação dessas palavras do que com as palavras relacionadas com o eixo epistêmico.

Por outro lado, dois alunos utilizaram o qualificador *"provavelmente",* que classificamos como parte do eixo epistêmico. Isso pode indicar que é possível a modalização epistêmica pelos alunos, mas num nível diferente do praticado pelos cientistas. Aqui, os alunos apresentam uma visão de ciência mais ampla, mais ligada à interpretação dos cientistas

(os alunos dizem que o resultado do experimento *"levou os cientistas a pensarem..."*) ao invés de modalizar o resultado específico de um experimento devido a questões de ordem técnica.

Na zona de hibridação entre cultura científica e escolar, portanto, estão presentes as modalidades epistêmicas e aléticas, porém, num grau e caráter diferentes das mesmas modalidades que não estão nessa zona de fronteira, mas sim restritas aos praticantes de cada cultura. Isto é, restrito à esfera da ciência está uma modalidade epistêmica que não está acessível para quem não pertence a esse mundo, mas a visão de ciência como provisória, passível de erros, como atividade humana e social, permite o diálogo e a compreensão entre os discursos de um cientista e um não-cientista. De maneira análoga, há significados que podem ser compartilhados entre os indivíduos cientistas e os não-cientistas sobre os termos *descoberta, prova, fato*, mesmo que eles não signifiquem sempre a mesma coisa quando utilizados em cada esfera.

6.4.3. Plural ou singular para os seres vivos e confusão conceitual

É significativo o fato de, na maior parte dos textos dos alunos, encontrarmos tanto o singular como o plural para se referirem aos seres vivos, quando no texto dos cientistas somente há a utilização do plural pelo simples fato de os experimentos serem todos realizados com amostras de seres vivos.

A transformação da idéia de amostra para somente um indivíduo é muito freqüente nas representações dos experimentos científicos. Em livros didáticos (ver, por exemplo, AMABIS; MARTHO, 2004, p. 136), o experimento da transformação bacteriana de Griffith é representado com ilustrações de quatro camundongos, cada qual recebendo uma injeção de bactérias. No livro, a palavra bactéria é utilizada freqüentemente no singular. A professora fez a mesma representação na lousa (com somente um camundongo para cada amostra de bactérias) e, na questão proposta, também fez uso do singular para se referir às bactérias e aos vírus. É provável que, mesmo fazendo do uso do singular, a professora tenha noção de biopopulação e da importância desse conceito para a biologia. No entanto, as suas ações não contribuíram para que os alunos pudessem compreender essa importância nos seus textos.

Talvez isso não comprometa o entendimento do tópico específico estudado (a idéia do DNA como portador das informações hereditárias). Mas, pensando em um currículo integrado e dada a centralidade dessa idéia em biologia (MAYR, 2005, 2008), é necessário que os

materiais didáticos e os professores de biologia estejam mais atentos à utilização do singular para promover uma melhor compreensão tanto dos procedimentos experimentais da biologia funcional que na maior parte das vezes trabalham por amostragem, quanto do conceito de biopopulação e da sua importância para a biologia histórica.

Outro ponto que cabe destacar no texto dos alunos é a presença de erro conceitual, principalmente, no que concerne à confusão entre a característica do ser vivo (por exemplo, a cápsula de carboidratos das bactérias) e a informação necessária para construí-la (presente no DNA).

6.4.4. Tipos de argumentos

Os cientistas estabelecem garantias a partir de resultados parciais que serão utilizadas no argumento mais geral que querem demonstrar. Os textos dos alunos também apresentam essa dinâmica, sendo o conteúdo das garantias estabelecidas, de uma maneira geral, relativo aos resultados finais dos experimentos dos cientistas; quer dizer, os alunos estabelecem garantias com base nos argumentos dos cientistas que usam garantias. Mais uma vez, isso evidencia a hibridação entre as duas linguagens sociais, na medida em que revela as transformações pelas quais os argumentos sofrem ao serem enunciados por indivíduos que circulam por esferas diferentes. O mesmo conteúdo, a mesma frase pode apresentar uma função diferenciada no argumento de acordo com o locutor e com a situação de enunciação. O que é dado para o cientista, se torna conclusão para o aluno; o que é conclusão para o cientista, é tomado como garantia para o aluno.

Vejamos um exemplo. A conclusão do argumento 1 do aluno 6 é: *"permitiu que os cientistas descobrissem que a substância que transformava as bactérias era o DNA"*. Ele estabelece essa garantia que será utilizada no seu argumento mais geral 4. A conclusão do argumento 1 é exatamente a conclusão do argumento dos cientistas, um argumento que usa garantias estabelecidas ao longo do seu texto.

Da mesma maneira, tanto cientistas quanto alunos elaboram argumentos analíticos e argumentos substanciais. Esse dado é interessante, já que para Toulmin (1958/2006) argumentos analíticos deveriam estar mais restritos ao âmbito da lógica, não sendo comuns na linguagem ordinária. Mesmo assim, os dois tipos de argumentos aparecem tanto na cultura científica quanto na cultura escolar, evidenciando as hibridações desses campos. Com relação aos alunos, os argumentos analíticos se referem às afirmações mais gerais, que respondem

diretamente à questão da professora, nos quais todos os argumentos estabelecidos anteriormente funcionam como dados e garantias. Por exemplo, na construção da conclusão mais geral, os alunos 2 e 6 utilizam como dados e garantias todos os outros argumentos apresentados, sendo, portanto, considerados analíticos.

7. À GUISA DE CONCLUSÃO: RESPONDENDO AS QUESTÕES DE PESQUISA E ARRISCANDO EXTRAPOLAÇÕES

No percurso desta pesquisa, numa relação dialética entre teoria, análise e coleta de dados, foram se configurando as questões de investigação, que enunciamos novamente:

- Quais são as características do argumento quando enunciado na cultura científica?
- Quais são as características do argumento quando enunciado na cultura escolar?
- O que a comparação entre essas características pode nos dizer sobre a hibridação dessas culturas ou linguagens sociais?

Para respondê-las, analisamos textos de cientistas e textos de alunos do 3º ano do EM que tratavam do mesmo assunto para a posterior comparação. Demonstramos que o referencial de análise escolhido – o padrão de argumento de Toulmin (1958/2006) e as marcas lingüísticas de Koch (2000) – foi muito útil e frutífero para que as questões pudessem ser respondidas.

As duas primeiras questões foram respondidas ao longo da análise e sintetizadas nas tabelas 6.1 (síntese da análise dos textos dos cientistas) e 6.23 (síntese da análise dos textos dos alunos). Neste momento, importa retomar alguns aspectos fundamentais da análise para a discussão sobre a hibridação entre a cultura escolar e cultura científica e sobre a tese inicial de que a cultura escolar regula as modalidades de acesso dos indivíduos aos objetos da cultura científica.

A análise do contexto de produção dos artigos científicos sugeriu a idéia de que há níveis diferentes de produção científica com características específicas. Em um primeiro momento, há a produção de artigos científicos que, como os analisados aqui, demonstram resultados para questões mais específicas. No caso do presente trabalho, o artigo de Avery demonstrou que a substância responsável pela transformação bacteriana era o DNA e o experimento de Hershey-Chase concluiu que o DNA tem alguma função na reprodução de vírus bacteriófagos T2. Em um segundo momento, a comunidade científica relaciona esses resultados e faz uma generalização para a função do DNA como portador das informações hereditárias dos seres vivos.

Qual dessas etapas é acessível aos indivíduos que circulam pela cultura escolar? Apesar de nossa busca não ter tido o aprofundamento de um estudo histórico (não era o escopo deste trabalho), não encontramos a alegação geral de que o DNA é o portador das

informações hereditárias em nenhum artigo científico; no entanto, ela foi enunciada em veículos de divulgação científica – por exemplo, pelos pesquisadores da *Oregon State University* que sustentam a página na internet *Linus Pauling and the race for DNA*[46] e no livro *DNA: o segredo da vida* de um dos criadores do modelo, atualmente aceito, da molécula de DNA, James D. Watson (2005). Nas suas palavras:

> *Como Chargaff, Linus Pauling também participou do Congresso Internacional de Bioquímica* [1952]*, em que a grande novidade foram os últimos resultados do Grupo dos Fagos. Alfred Hershey e Martha Chase, em Cold Spring Harbor, haviam acabado de confirmar o princípio transformador de Avery: o DNA era, de fato, o material da hereditariedade! Hershey e Chase provaram que somente o DNA dos vírus fagos penetram nas células bacterianas; seu revestimento protéico permanece fora. Tornou-se mais óbvio do que nunca que o DNA tinha de ser entendido no nível molecular se quiséssemos descobrir a essência do gene. Com os resultados de Hershey e Chase na boca de todos, eu estava certo de que Pauling iria agora dedicar seu formidável intelecto e profundos conhecimentos de química ao problema do DNA* (WATSON, 2005, p. 62).

E foi isso o que aconteceu. O enunciado geral que relaciona DNA e hereditariedade não apareceu nos artigos científicos da época; mesmo assim, foi realizada uma generalização de resultados específicos em bactérias e vírus dos experimentos de Avery e Hershey-Chase depois que este foi proferido em um congresso. Linus Pauling, que se dedicava às proteínas, mudou o foco da sua atenção para o DNA e, no início de 1953, publicou um artigo sugerindo um modelo de três hélices para a sua estrutura. Watson e Crick avaliaram essa proposta e com outros dados na mão (fotografias por raios X de Wilkins e Franklin), elaboraram o modelo da dupla-hélice, publicado em abril do mesmo ano. O artigo de Watson e Crick (1953) somente faz referência às *"características recentes de considerável interesse biológico"* do DNA (p. 737).

Assim, para que o público leigo tivesse acesso a essa alegação geral, foi necessária a sua elaboração e revisão no âmbito da ciência. Somente depois que os cientistas assumiram essa hipótese como uma verdade é que ela pôde escapar das fronteiras da cultura científica e sofrer hibridações com e recontextualizações em outras esferas como a escolar.

Assim, o que está na zona de fronteira entre cultura escolar e científica são as verdades científicas. O caminho para o indivíduo acessar essas verdades se ele fizer parte da ciência é diferente do caminho percorrido pelos indivíduos participantes da cultura escolar. Para

[46] http://osulibrary.orst.edu/specialcollections/coll/pauling/dna/ acessado em 31/01/2009.

elaborarem a alegação que focamos neste trabalho, os cientistas fizeram experimentos científicos e os comunicaram por meio de textos em que predominam os argumentos analíticos nos quais a obtenção dos dados é valorizada e nos procedimentos experimentais estão implícitos garantias e conhecimentos básicos compartilhados pela comunidade científica. O conjunto desses dados é transformado em fatos que proporcionam o estabelecimento de deduções.

Nesse sentido, esses textos funcionam muito mais com uma *demonstração* e não como uma *argumentação*, na acepção de Perelman e Olbrechts-Tyteca (1958/2005, p. 15-17). Na demonstração, é instaurado um distanciamento da influência do tempo e do auditório, o que confere objetividade ao discurso e impõe verdades válidas universalmente. Isso é refletido nas marcas lingüísticas utilizadas pelos locutores. No caso dos textos científicos analisados aqui, o recurso ao tempo verbal presente, principalmente realizando asserções gerais, assim como o uso predominante da 3º pessoa como sujeito das orações é indicativo dessa tentativa de transformar resultados em fatos. O recurso à modalidade alética também cumpre essa função.

Já na cultura escolar, na situação de ensino analisada nesta pesquisa, a professora partiu das alegações gerais e solicitou aos alunos que justificassem as relações, ou seja, que explicitassem as garantias que justificam as relações entre dado e conclusão, em outras palavras, que elaborassem argumentos substanciais.

Quando se faz parte de uma comunidade comunicacional, alguns passos entre os dados e as conclusões não precisam ser testados e/ou explicitados. No entanto, na escola, os alunos são avaliados justamente pela compreensão que apresentam desses passos, por isso sua explicitação de maneira adequada é exigida.

Não estamos sugerindo que há uma simples oposição entre o tipo de argumento que se produz em ciência e o que se produz na escola. Os nossos dados só nos permitem afirmar que encontramos a predominância de argumentos analíticos em dois artigos científicos fundamentais para o estabelecimento de uma verdade científica. É provável, e acreditamos nisso, que exista uma diversidade de tipos de textos científicos e, talvez, em certas áreas argumentos substantivos sejam mais comuns.

A literatura em pesquisa em ensino de ciências valoriza a elaboração de argumentos substantivos por parte dos alunos. Jiménez-Aleixandre e Díaz de Bustamante (2003), por exemplo, realizam a sua análise somente com aqueles argumentos considerados substanciais, ou seja, que requerem um conhecimento do conteúdo, que respondem o problema proposto em sala de aula. Foi o que fizemos neste trabalho; para o texto do aluno ser considerado uma

amostra de pesquisa, tinha que apresentar pelo menos um argumento substantivo. Mesmo assim, os alunos transitaram entre argumentos substantivos e analíticos e, em vários deles, o argumento que respondia à questão proposta da professora era analítico.

Além disso, a distinção entre argumento que usa garantia e argumento que estabelece garantia também nos permite tecer considerações acerca das hibridações entre as culturas escolar e científica. Os cientistas estabelecem garantias a partir de resultados parciais que serão utilizadas no argumento mais geral que querem demonstrar. Os textos dos alunos também apresentam essa dinâmica, sendo o conteúdo das garantias estabelecidas, de uma maneira geral, relativo aos resultados finais dos experimentos dos cientistas; quer dizer, os alunos estabelecem garantias com base nos argumentos dos cientistas que usam garantias. O mesmo conteúdo pode apresentar uma função diferenciada no argumento de acordo com o locutor e com a situação de enunciação. O que é dado para o cientista, se torna conclusão para o aluno; o que é conclusão para o cientista, é tomado como garantia para o aluno.

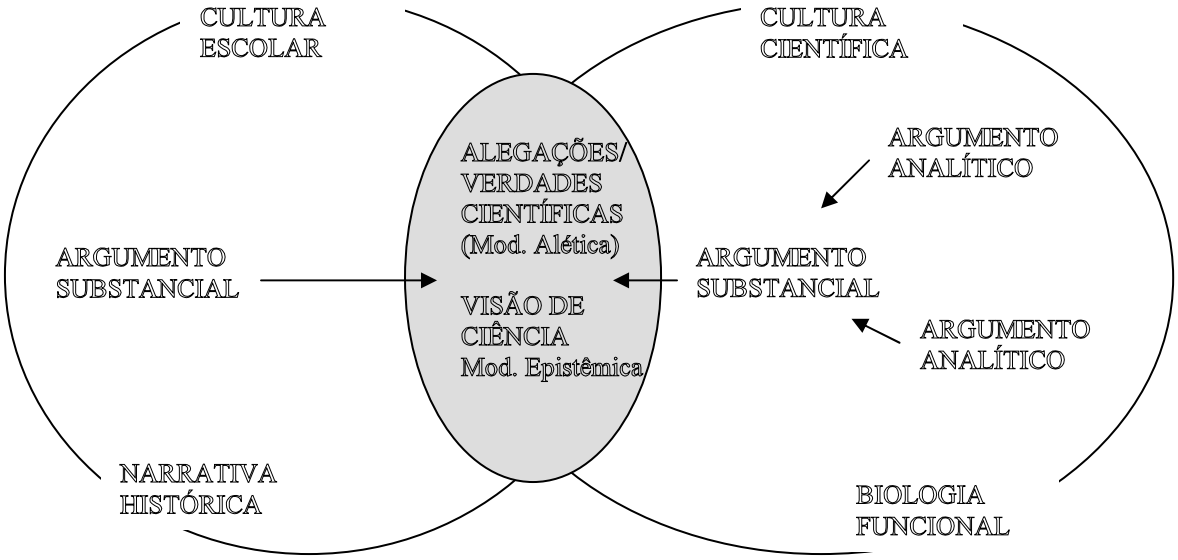
As "verdades" científicas da zona de hibridação podem conviver com visões de ciências que levam em consideração o processo de construção dessas verdades, a noção de que elas podem ser provisórias e passíveis de testes, enfim, o caráter humano e falível do conhecimento científico avaliado em relação à sua meta e ao grau de sucesso obtido nas explicações a que se propõe. Enquanto as verdades são expressas por meio da modalidade alética, a visão de ciência pode ser expressa pela modalidade epistêmica. Verificamos na análise de nossos dados que na zona de fronteira entre essas duas esferas estão presentes os dois tipos de modalidades, mas há aspectos delas que são restritos aos praticantes de cada cultura.

Assim, sugerimos que a modalidade alética estará presente no ponto de chegada das verdades científicas; por outro lado, no processo de construção dos argumentos substantivos, o aluno poderá usar como recurso a modalidade epistêmica, por exemplo, em discussões em pequenos grupos, negociando o significado de cada termo, ou mesmo expressando uma determinada visão de ciência. Muito diferente do processo desenvolvido pelo cientista no qual a modalidade epistêmica é utilizada como forma de discutir resultados de experimentos ou o desenho experimental com a comunidade científica.

A prática e a linguagem científicas estão, por sua vez, impregnadas pela modalidade alética. Encontramos nos artigo dos cientistas as palavras *fato, descoberta, provar*, termos que revelam uma concepção de ciências que não esperávamos encontrar em cientista do século XX, uma vez que considerada já ultrapassada: ciência como reveladora da natureza. No

entanto, os cientistas têm que usar de sua habilidade retórica para convencer a comunidade científica de seus resultados, além de considerar certos resultados como verdades para poder avançar. Talvez essas palavras não tenham o mesmo significado quando enunciadas em outra esfera, mas na escola o seu uso permite que elas adquiram tons híbridos e que, na negociação, significados sejam compartilhados entre professores e alunos de tal maneira que seja possível a esses atores dialogar com os cientistas.

Essas considerações mostram um distanciamento e ao mesmo tempo uma aproximação entre cultura escolar e científica que podem se esquematizados na figura seguinte:



Os conteúdos ensinados na escola constituem um saber deslocado de sua origem. Esse fato pode gerar um esvaziamento de sentido dos conteúdos. Um tratamento didático apropriado é a utilização da história e da filosofia da ciência para contextualizar os problemas, os temas e conteúdos, suas origens e as tentativas de solução que levaram à proposição de modelos teóricos, a fim de que o aluno tenha noção de que houve um caminho percorrido para se chegar a esse saber. Há, então, uma contextualização, que é próprio do processo de ensino da escola. Mesmo assim, pudemos verificar na nossa análise a complexidade, os deslizamentos entre as modalidades, as idiossincrasias desse percurso.

Ao inserir a história da ciência no currículo, a professora fornece para os estudantes os dados e as conclusões na forma de uma narrativa histórica que tem certos personagens, cenários, objetos que geram paixões (no caso, proteínas e DNA) e mortes (de camundongos e bactérias). O uso do tempo verbal passado pelos alunos em seus textos revela a transformação da biologia funcional em narrativa histórica. A ciência é compreendida pelo estudante com o

filtro imposto pelas regras, objetivos, linguagens da cultura escolar. Usando os conceitos de aculturação/enculturação, seria mais correto dizer que as ferramentas da cultura científica é que foram transformadas nesse processo, os textos científicos é que foram difundidos na (KEESING, 1961) ou recontextualizados pela (BERNSTEIN, 1996) cultura escolar.

Entretanto, é esperado que essa recontextualização produza efeitos no modo como os alunos enxergam a ciência ou a compreendem. No nosso ponto de vista, deveria ser esperado que a compreensão da linguagem e do conteúdo ensinado permita ao indivíduo dialogar com os cientistas, independentemente de haver concordância entre eles, mas que seja possível ao aluno compartilhar alguns significados. Para isso, ele deve ser autor de suas palavras, autor de suas relações. Ao construir esquemas classificando os trechos dos textos dos alunos de acordo com os elementos do argumento de Toulmin (1958/2006), buscamos evidenciar as relações estabelecidas no seu discurso e o que encontramos foi uma diversidade no modo como eles alocaram dados, garantias e conclusões.

Quando um aluno diz que determinado resultado *"levou os cientistas a pensarem"*, ele mostra que compreendeu uma parte da narrativa, relativa ao processo que levou os cientistas a acreditarem naquela alegação. Outro aluno, que não usou essa modalidade epistêmica (quase todos da nossa pequena amostra), e diz que a partir de tal resultado *"conclui-se"*, compreendeu outra parte da narrativa, relativa às conexões necessárias para se enunciar uma verdade já aceita pela comunidade científica.

Assim, mesmo que o aluno tome como verdade certos aspectos do conhecimento científico (o que é evidenciado pelo uso da modalidade alética), a autoria do seu discurso (o que é evidenciado pelos esquemas do padrão de argumento de Toulmin) mostra que a compreensão daquele conteúdo aconteceu. E isso é condição para que se estabeleça o diálogo entre uma esfera de atividade humana e outra.

No entanto, consideramos desejável que a modalidade epistêmica esteja mais presente na produção de textos dos alunos, o que nossos dados demonstram não ser freqüente. Pode ser difícil articular a intenção de compreensão de "verdades" científicas a uma visão de ciência que discuta a produção dessas verdades. A utilização da modalização alética pela professora na proposição da atividade mostra essa dificuldade.

Neste trabalho, procuramos tecer considerações sobre as aproximações e distanciamentos entre cultura escolar e científica, o que evidencia processos de hibridação entre essas duas esferas de atividade humana, estabelecendo o foco no modo como a cultura escolar regula os acessos dos estudantes aos objetos da cultura científica.

Assim, discutimos que o percurso percorrido pelos estudantes para acessar as verdades científicas ou construir visões de ciências envolve etapas e processos diferenciados daqueles percorridos pelos cientistas nesses mesmos processos. Se, por um lado, não é suficiente que o objetivo do ensino de ciências seja o de propiciar a compreensão dos resultados e produtos produzidos na esfera científica, por outro lado, não são todas as regras do jogo que são acessíveis aos estudantes.

As regras e práticas da cultura científica, ao serem submetidas às regras e práticas típicas da cultura escolar, são transformadas, recontextualizadas de maneira que algumas delas deixam de ser reconhecidas como próprias da cultura científica, enquanto outras continuam sendo reconhecidas como tal. Argumentos analíticos ou demonstrações são praticados na cultura científica, assim como os argumentos substanciais, mas a forma de raciocínio valorizada no ensino de ciências é aquela que privilegia os argumentos substanciais.

Considerando o objetivo do ensino de ciências como compreensão (como discutido no capítulo 4) no sentido de o estudante ser capaz de estabelecer relações entre conceitos, dar significado a eles, justificar essas relações e aplicar esse conhecimento em determinados contextos, mesmo que não acredite neles, as implicações deste trabalho é apontar que não é qualquer dimensão da prática científica que é passível de compreensão. Aquelas duas dimensões que estão na zona de hibridação é que devem receber o foco do ensino de ciências.

As verdades científicas são as alegações transformadas em conceitos e modelos teóricos aceitos pela comunidade científica e que freqüentemente são tomadas como fatos ou verdades pelos próprios cientistas. Algumas delas podem servir como ponto de chegada para o processo de ensino que pode se servir de inúmeros instrumentos e estratégias para proporcionar aos estudantes formas de chegar a esse ponto. Uma maneira de enriquecer o percurso dos alunos no seu processo de compreensão dessas verdades é permitir o confronto entre várias visões da ciência, para que o aluno construa a sua própria e possa tomar as suas decisões.

De todo modo, qualquer visão de ciência, tomada por alguém que esteja fora dela (como é o caso de quem participa da cultura escolar), envolve enxergar algumas coisas que acontecem no interior da própria ciência, e outras que acontecem na sua relação com as outras esferas, mas fundamental para a ciência existir: as negociações por financiamento, os problemas éticos, as questões de interesse político. Segundo Latour (2000), o sucesso de determinadas linhas de pesquisa científica é proporcional ao grau de recursos que cientistas

conseguem obter que, por sua vez, depende do número de pessoas que conseguem convencer sobre a importância de seu trabalho.

Um exemplo dessa zona de fronteira na biologia é o discurso hiperbólico – impregnado por metáforas grandiosas para o genoma (livro da vida, planta-mestre, tabela periódica da vida) – de cientistas sobre o Programa Genoma Humano em periódicos como *Nature* e *Science*. Esse discurso foi interpretado por Leite (2007) como forma de consolidar a hegemonia da emergente disciplina genômica e continuar angariando cabeças e fundos para suas pesquisas como se fosse a ciência do futuro, a promessa para os males que a medicina ainda não consegue resolver. Discurso esse que insiste na persistência de noções deterministas acerca do papel de gene, mesmo elaborado do interior da própria ciência. Além de cumprir o papel de recurso retórico, a utilização de metáforas deterministas persiste, mesmo depois dessa noção se tornar insustentável a partir dos resultados de pesquisas genômicas, porque permite ao cientista articular sentido em seu próprio pensamento, demonstrando a heterogeneidade e complexidade de conhecimento, pensamento e discurso no interior mesmo da ciência.

Compreender esses aspectos ao reconhecer o pluralismo epistemológico é importante para que o indivíduo entenda porque essa é uma construção humana valorizada na sociedade ao mesmo tempo em que perceba os seus limites.

Assim, com relação aos objetivos do ensino de ciências elencados pela OCDE (2000[47] apud CARVALHO, 2008), avaliamos que nem todos *"processos científicos ou habilidades, conceitos e conteúdos"* do domínio da ciência são acessíveis à cultura escolar. E o que é acessível é regulado pelo funcionamento da disciplina escolar e seus objetivos, e pela a intenção da professora, que por sua vez sofre influências do que é considerado verdade naquele momento pela comunidade científica. Com relação *ao entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio-ambiente*, ou seja, ao contexto no qual a ciência é produzida, está em jogo a compreensão do que está na borda da cultura científica, na sua interação com outras esferas.

Por tudo isso, o ensino de ciências deve ser visto como um processo de construção de uma visão idiossincrática de ciência que envolva a compreensão dos conceitos e da linguagem de um "outro" para que se possa dialogar com ele.

---

[47] OECD – Organisation for Economic Co-operation and Development. *Measuring students knowledge and skills: the PISA assessment of reading, mathematical and scientific literacy*. Paris: OCDE, 2000.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES-MAZZOTTI, A.J.; GEWANDSZNAJDER, F. ***O método nas ciências naturais e sociais: pesquisa quantitativa e qualitativa***. São Paulo: Editora Pioneira, 1998.

AMABIS, J.M.; MARTHO, G.R. ***Biologia***. v.3. São Paulo: Editora Moderna, 2004.

ANDRÉ, M.E.D.A. de. ***Etnografia da Prática Escolar***. São Paulo: Editora Papirus, 1998.

ARAÚJO, I.L. ***Do signo ao discurso: introdução à filosofia da linguagem***. São Paulo: Parábola Editorial, 2004.

ARENDT, H. (1954) ***Entre o passado e o futuro***. São Paulo: Editora Perspectiva, 2001.

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 desoxyribonucleic acid fraction isolated from pneumococcus type III. In: **Journal of Experimental Medicine**, v. 79, n. 1, 1944. Acessado de http://osulibrary.oregonstate.edu/specialcollections/coll/pauling/dna/papers/avery.html em 16/09/2008.

BACHELARD, G. (1938) ***A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento***. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BAKHTIN, M. (1979) ***Estética de la creacíon verbal***. Buenos Aires: Siglo Veintiuno Argentina Editores, 2ª ed., 1985.

BAKHTIN, M./ VOLOCHÍNOV, V.N. (1929) ***Marxismo e Filosofia da Linguagem***. São Paulo: Editora Hucitec, 3ª ed., 1986.

BAKHTIN, M. (1934 - 1935) ***Questões de literatura e de estética: a teoria do romance.*** São Paulo: Unesp/Hucitec, 3ª ed., 1998.

BERNSTEIN, B. ***A estruturação do discurso pedagógico: classe, códigos e controle***. Petrópolis: Vozes, 1996.

BOURDIEU, P. (1997). ***Os usos sociais da ciência: por uma sociologia clínica do campo científico***. São Paulo: Editora UNESP, 2004.

BRONCKART, J.P. ***Atividade de linguagem, textos e discursos***: São Paulo: Editora Educ, 2003.

BURKE, P. ***O que é história cultural?*** Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed, 2004.

CANCLINI, N. ***Culturas híbridas***. São Paulo: EDUSP, 2008.

CANDELA, A. Construção discursiva de contextos argumentativos no ensino de ciências. In: COLL, C. e EDWARDS, D. (orgs.) ***Ensino, aprendizagem e discurso em sala de aula***. p.143-170. Porto Alegre: Artes Médicas. 1998.

CANDELA, A. A. ***Ciencia en aula: los alumnos entre la argumentación y el consenso***. México: Paidós, 1999.

CAPECCHI, M.C.V.M. ***Aspectos da cultura científica em atividades de experimentação nas aulas de Física.*** São Paulo, 2004. Tese de Doutoramento. FEUSP.

CAPECCHI, M.C.V.M.; CARVALHO, A.M.P. Argumentação em uma aula de conhecimento físico com crianças na faixa de oito a dez anos. In: ***Investigações em Ensino de Ciências***. Porto Alegre: IF/UFRGS, v.5, n.3, 2000.

CARVALHO, A.M.P. de. Enculturação científica: uma meta do ensino de ciências. In: TRAVERSINI, C. et al (orgs.). ***Trajetória e processos de ensinar e aprender: práticas e didáticas: livro 2.*** p. 115-135, Porto Alegre: EDIPUCRS, 2008.

CARVALHO, A.M.P. de. Critérios estruturantes para o ensino das ciências. In: CARVALHO, A.M.P. de. (org.) ***Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática***. p.1-17. São Paulo: Editora Thomson, 2004.

CERTEAU, M. de. ***A cultura no plural.*** Campinas: Papirus, 1995.

CHALMERS, A. F. ***A fabricação da ciência***. São Paulo: Editora UNESP, 1994.

CHAMIZO GUERRERO, J.A. Las aportaciones de Toulmin a la enseñanza de las ciencias. In: ***Enseñanza de las ciencias.***. v.25, n.1, p.133-146, 2007.

CHAUI, M. ***Introdução à história da filosofia: dos pré-socráticos a Aristóteles.*** São Paulo, Companhia das Letras, 2002.

CHERVEL, A. História das disciplinas escolares: reflexões sobre um campo de pesquisa. ***Teoria & Educação***. v.2, 1990, p. 177-229.

CHEVALLARD, Y. ***La transposicion didactique – du savoirau savoir enseigné.*** Paris: La Pensé Sauvage, 1985.

COBERN, W.W.; AIKENHEAD, G.S. Cultural Aspects of Learning Science. In: ***International Handbook of Science Education***. Klower Academic Publishes, 1998.

COELHO, F.U. Prefácio à edição brasileira. In: PERELMAN, C. & OLBRECHTS-TYTECA, L. ***Tratado da argumentação: a nova retórica***. São Paulo: Martins Fontes, 2005.

CRICK, F.; WATSON, J.D. Molecular structure of nucleic acids. In: ***Nature***, n. 4356, 1953.

CUCHE, D. ***A noção de cultura nas ciências sociais.*** Bauru: EDUSC, 2002.

DELACAMPAGNE, C. ***História da filoofia no século XX***. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 1997.

DRIVER, R.; NEWTON, P.; OSBORNE, J. Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. In: ***Science Education***. v.84, p. 287-312, 2000.

DUIT, R.; TREAGUST, D.F. Learning in Science – from behaviourism towards social construtivism and beyond. In: ***International Handbook of Science Education***. Klower Academic Publishes, 1998.

DURHAM, E.R. ***A dinâmica da cultura: ensaios de Antropologia***. Editora Cosac Naify Edições, 2004.

EAGLETON, T. ***A idéia de cultura***. São Paulo: UNESP, 2005.

EL-HANI, C.N.; MORTIMER, E.F. Multicultural education, pragmatism, and the goals of science teaching. In: ***Cultural Studies of Science Education***, v. 2, p. 657-687, 2007.

EL-HANI, C.N.; SEPÚLVEDA, C. Referenciais teóricos e subsídios metodológicos para a pesquisa sobre as relações entre educação científica e cultura. In: SANTOS, F.M.T.dos; GRECA, I.M. (orgs). ***A pesquisa em ensino de ciências no Brasil e suas metodologias***. p. 161-212, Ijuí: Editora Unijuí, 2006.

FAIRCHILD, R.P. (ed.). ***Dicionário de sociologia***. México/Buenos-Aires: Fondo de Cultura Económica, 1949.

FARIA FILHO, L.M.; VIDAL, D.G. A cultura escolar como categoria de análise e como campo de investigação na história da educação brasileira. ***Educação & Pesquisa***, vol.30, n. 1, jan/abril, 2004, p.139-160.

FLORENTINO, H.A. ***Uma análise das concepções sobre ciência, biodiversidade e desenvolvimento sustentável presentes no discurso de um programa televisivo***. São Paulo, 2007. Dissertação de Mestrado. FEUSP.

FORQUIN, J-C. Saberes escolares, imperativos didáticos e dinâmicas sociais. ***Teoria & Educação***, n.5, 1992, p.28-49.

FOUCAULT, M. (1975). ***Vigiar e punir: nascimento da prisão.*** Petrópolis: Vozes, 1987.

GALLINO, L. ***Dicionário de sociologia***. São Paulo, Paulus, 2005.

GEERTZ, C. (1973). ***A interpretação das culturas.*** Rio de Janeiro: LTC, 1989.

GRILLO, S.V. de C. Esfera e campo. In: BRAIT, B. (org.) ***Bakhtin: outros conceitos-chave***. p. 133-160, São Paulo: Contexto, 2006,

GRUZINSKI, S. ***O pensamento mestiço***. São Paulo: Companhia das Letras, 2001.

GUIMARÃES, E. ***Semântica do acontecimento***. Campinas: Pontes, 2005.

HAACK, S. (1978). ***Filosofia das lógicas***. São Paulo: Editora UNESP, 2002.

HABERMAS, J. ***Verdade e justificação***. São Paulo: Editora Loyola, 2004.

HERSHEY, A.D.; CHASE, M. Independent functions of viral protein and nucleic acid in growth of bacterophage. In: ***The Journal of General Physiology***, v. 36, n. 1, p. 39-56, 1952. Acessado de http://www.jgp.org/cgi/reprint/36/1/39 em 11/09/2008.

INEP / MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO http://www.inep.gov.br/internacional/pisa/ acessado em 21/09/2006.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M.P.; DIAZ de BUSTAMANTE, J.; DUSCHL, R.A. Suporting claims with warrants in the biology laboratory. In: AMERICAN EDUCATIONAL RESEARCH ASSOCIATION. ***Apresentação de trabalho.*** San Diego, CA, 1998a.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M.P.; DIAZ de BUSTAMANTE, J.; DUSCHL, R.A. Scientific culture and school culture: epistemic and procedural components. In: NATIONAL ASSOCIATION FOR RESEARCH IN SCIENCE TEACHING (NARST) annual meeting. ***Apresentação de trabalho.*** San Diego, CA, 1998b.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M.P.; BUGALLO RODRÍGUEZ, A.; DUSCHL, R. "Doing the lesson" or "doing science": argument in high school genetics. In: ***Science Education.*** v.84, p.757-792, 2000.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M.P.; DÍAZ DE BUSTAMANTE, J. Discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias: cuestiones teóricas y metodológicas. In: ***Enseñanza de las ciencias.*** v.21, n.3, p.359-370, 2003.

JULIA, D. A cultura escolar como objeto histórico. ***Revista Brasileira de História da Educação***, n. 1, p.9-44, 2001

KEESING, F.M. ***Antropologia cultural: a ciência dos costumes.*** Rio de Janeiro: Editora Fundo de Cultura, 1961.

KOCH, I.G.V. ***Argumentação e linguagem***. São Paulo: Cortez, 2000.

KRASILCHIK, M.; MARANDINO, M. ***Ensino de ciências e cidadania***. São Paulo: Moderna, 2004.

KUHN, D. Science Argumentation: implications for teaching and learning scientific thinking. In: ***Science Education.*** v. 7, n.3, p.319-337, 1993.

KUHN, T.S. (1983) Comensurabilidade, comparabilidade, comunicabilidade. In: KUHN, T.S. ***O caminho desde a estrutura: ensaios filosóficos, 1970-1993, com uma entrevista autobiográfica***. p. 47-76. São Paulo: Editora UNESP, 2006,

LARAIA, R. de B. (1986) ***Cultura: um conceito antropológico***. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 2006.

LATOUR, B. ***Ciência em ação: como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora.*** São Paulo: Editora UNESP, 2000.

LEAL, T.F.; MORAIS, A.G. de. ***A argumentação em textos escritos: a criança e a escola.*** Belo Horizonte: Autêntica, 2006.

LEITE, M. ***Promessas do genoma***. São Paulo: Editora UNESP, 2007.

LEMKE, J. ***Aprender a hablar ciencia: lenguaje, aprendizaje y valores.*** Barcelona: Ediciones Paidós Ibérica, S.A., 1997.

LOPES, M.M. Culturas das ciências naturais. In: ***Ciência & Educação***, v. 11, n. 3, p. 457-470, 2005.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M.E.D.A. ***Pesquisa em educação: abordagens qualitativas.*** São Paulo: Editora pedagógica e universitária, 1988.

MACHADO, A.H. ***Aula de Química. Discurso e Conhecimento***. São Paulo, 1999. Dissertação (Mestrado) UNICAMP. 149p.

MARANDINO, M. Transposição ou recontextualização? Sobre a produção de saberes na educação em museus de ciências. In. ***Revista Brasileira de Educação***, n. 26, 2004.

MARCHEZAN, R.C. Diálogo. In: BRAIT, B. (org.) ***Bakhtin: outros conceitos-chave***. p. 115-131. São Paulo: Contexto, 2006.

MAYR, E. ***Isto é biologia: a ciência do mundo vivo***. São Paulo: Companhia das Letras, 2008.

MAYR, E. ***Biologia, ciência única: reflexões sobre a autonomia de uma disciplina científica***. São Paulo: Companhia das Letras, 2005.

MERCER, N. Language, Education and the Guided Construction of Knowledge. In: Encontro sobre Teoria e Pesquisa em Ensino de Ciências: Linguagem, Cultura e Cognição, Reflexões para o Ensino de Ciências. ***Anais***. p.74. Belo Horizonte, 1997.

MOORE, J. A. Science as a Way of Knowing - Genetics. ***Amer. Zool.***, v. 26: p. 583-747, 1986.

MORIN, E. ***Cultura de massas no século XX***. Rio de Janeiro: Forense-Universitária, 2003.

MORTIMER, E.F. ***Linguagem e Formação de Conceitos no Ensino de Ciências***. Belo Horizonte: Ed.UFMG, 2000.

MORTIMER, E.F.; MACHADO, A.H. Múltiplos olhares sobre um episódio de ensino: "Por que o gelo flutua na água?". In: Encontro sobre Teoria e Pesquisa em Ensino de Ciências: Linguagem, Cultura e Cognição, Reflexões para o Ensino de Ciências. ***Anais.*** p.139. Belo Horizonte, 1997.

NIGRO, R. G. ***Textos e leitura na educação em Ciências: contribuições para a alfabetização científica em seu sentido mais fundamental.*** São Paulo, 2007. Tese de Doutoramento. FEUSP.

PERELMAN, C. & OLBRECHTS-TYTECA, L. (1958). ***Tratado da argumentação: a nova retórica***. São Paulo: Martins Fontes, 2ª ed., 2005.

ROSSI, P. ***O nascimento da ciência moderna na Europa***. Bauru, SP: EDUSC, 2001.

ROTH, W-M.; LAWLESS, D. Science, culture and the emergence of language. In: ***Science Education***, v. 86, p. 368-385, 2002.

SASSERON, L.H. ***Alfabetização científica no ensino fundamental: estrutura e indicadores deste processo em sala de aula***. São Paulo, 2008. Tese de Doutoramento. FEUSP.

SASSERON, L.H.; CARVALHO, A.M.P. de. Almejando a Alfabetização Científica no Ensino Fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. ***Investigações em Ensino de Ciências***, v. 13, n. 3, p. 333-352, 2008. http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID199/v13_n3_a2008.pdf , acessado em 21/01/2009.

SCARPA, D.L. ***Linguagem do e no ensino de ciências: o conhecimento científico e as interações em sala de aula na educação infantil.*** São Paulo: 2002. Dissertação (Mestrado). FEUSP.

SCOTT, P. Teaching and learning concepts in the classroom: talking a path from spontaneous to scientific knowledge. In: Encontro sobre Teoria e Pesquisa em Ensino de Ciências: Linguagem, Cultura e Cognição, Reflexões para o Ensino de Ciências. ***Anais***. p.110. Belo Horizonte, 1997.

SILVA, F. G. Emancipação, esfera pública e direito: a teoria crítica de Jürgen Habermas. In: MATOS, C. E. (ed.). ***Revista Mente, Cérebro & Filosofia – o século XX***, nº 8, 2008.

SUTTON, C. New perspectivas on language in science. In: FRASER, B.J.; TOBIN, K.G. (eds.) ***Internacional Handbook of Science Education.*** Klower Academic Publishes, p. 27-38, 1998.

THOMPSON, E.P. ***A miséria da teoria***. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 1981.

TOULMIN, S.E. (1958). ***Os usos do argumento***. São Paulo: Martins Fontes, 2ª ed., 2006.

TYACK, D,; CUBAN, L. ***Thinkering toward utopia: a century of public school reform.*** Harvard University Press, 1999.

VEIGA-NETO, A. Currículo e interdisciplinaridade. In: MOREIRA, A.F.B. (org.). ***Currículo: questões atuais***. p. 59-102. Campinas/SP: Papirus, 1997.

VINCENT, G., LAHIRE, B., THIN, D. Sobre a história e a teoria da forma escolar. ***Educação em revista***, 2001, p.7-48.

WATSON, J.D. ***DNA: o segredo da vida***. São Paulo: Companhia das Letras, 2005.

WELLS, G. Da adivinhação à previsão: discurso progressivo no ensino e na aprendizagem em ciências. In: COLL, C. e EDWARDS, D. (orgs.) ***Ensino, aprendizagem e discurso em sala de aula***. p.107-142. Porto Alegre: Artes Médicas.1998.

WILLIAMS, R. ***Cultura***. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2000.

WITTGENSTEIN, L. (1953) ***Investigações Filosóficas***. Petrópolis: Vozes, 2008.

YORE, L.D. & BISANZ, G.L. & HAND, B.M. Examining the literacy component of science literacy: 25 years of language arts and science research. In: ***Internacional Journal of Science Education***. v.25, n.6, p.689-725, 2003.

ANEXO 1

Aplicação FEUSP

Escola de Aplicação da FEUSP

Nome:	nº:	3º ano ___ EM

A descoberta do DNA

I. Determinação dos componentes do núcleo

a) 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**.
b) 1889 – Richard Altmann confirmou a natureza ácida desse composto, chamando-o de **ácido nucléico**.
c) 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).
d) 1900 – verificou-se a existência de dois tipos de ácidos nucléicos: um com a base nitrogenada **uracila** e o carboidrato **ribose** – **á**cido **ri**bo**n**ucléico (**RNA**) e outro com a base **timina** e o carboidrato **desoxirribose** – **á**cido **d**esoxirribo**n**ucléico (DNA).
e) 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.

1. <u>A identificação do material hereditário em bactérias</u>

- 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") liberado pelas bactérias S mortas. Essa transformação de bactérias R em S foi chamada de **transformação bacteriana**.

1.b) 1944 – Oswald Avery verificou que a trransformação 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 se conseguiram amostras com apenas 0,02% de proteínas.

2. 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 de 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?

a) 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.

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

c) 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 vai haver adenina e, onde existir guanina, na outra existirá citosina.
- As duas cadeias são **anti-paralelas**, 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**.

ANEXO 2

STUDIES ON THE CHEMICAL NATURE OF THE SUBSTANCE INDUCING TRANSFORMATION OF PNEUMOCOCCAL TYPES

Induction of Transformation by a Desoxyribonucleic Acid Fraction Isolated from Pneumococcus Type III

By OSWALD T. AVERY, M.D., COLIN M. MacLEOD, M.D., and MACLYN McCARTY,* M.D.

(*From the Hospital of The Rockefeller Institute for Medical Research*)

Plate 1

(Received for publication, November 1, 1943)

Biologists have long attempted by chemical means to induce in higher organisms predictable and specific changes which thereafter could be transmitted in series as hereditary characters. Among microörganisms the most striking example of inheritable and specific alterations in cell structure and function that can be experimentally induced and are reproducible under well defined and adequately controlled conditions is the transformation of specific types of Pneumococcus. This phenomenon was first described by Griffith (1) who succeeded in transforming an attenuated and non-encapsulated (R) variant derived from one specific type into fully encapsulated and virulent (S) cells of a heterologous specific type. A typical instance will suffice to illustrate the techniques originally used and serve to indicate the wide variety of transformations that are possible within the limits of this bacterial species.

Griffith found that mice injected subcutaneously with a small amount of a living R culture derived from Pneumococcus Type II together with a large inoculum of heat-killed Type III (S) cells frequently succumbed to infection, and that the heart's blood of these animals yielded Type III pneumococci in pure culture. The fact that the R strain was avirulent and incapable by itself of causing fatal bacteremia and the additional fact that the heated suspension of Type III cells contained no viable organisms brought convincing evidence that the R forms growing under these conditions had newly acquired the capsular structure and biological specificity of Type III pneumococci.

The original observations of Griffith were later confirmed by Neufeld and Levinthal (2), and by Baurhenn (3) abroad, and by Dawson (4) in this laboratory. Subsequently Dawson and Sia (5) succeeded in inducing transformation *in vitro*. This they accomplished by growing R cells in a fluid medium containing anti-R serum and heat-killed encapsulated S cells. They showed that in the test tube as in the animal body transformation can be selectively induced, depending on the type specificity of the S cells used in the reaction system. Later, Alloway (6) was able to cause

* Work done in part as Fellow in the Medical Sciences of the National Research Council.

specific transformation *in vitro* using sterile extracts of S cells from which all formed elements and cellular debris had been removed by Berkefeld filtration. He thus showed that crude extracts containing active transforming material in soluble form are as effective in inducing specific transformation as are the intact cells from which the extracts were prepared.

Another example of transformation which is analogous to the interconvertibility of pneumococcal types lies in the field of viruses. Berry and Dedrick (7) succeeded in changing the virus of rabbit fibroma (Shope) into that of infectious myxoma (Sanarelli). These investigators inoculated rabbits with a mixture of active fibroma virus together with a suspension of heat-inactivated myxoma virus and produced in the animals the symptoms and pathological lesions characteristic of infectious myxomatosis. On subsequent animal passage the transformed virus was transmissible and induced myxomatous infection typical of the naturally occurring disease. Later Berry (8) was successful in inducing the same transformation using a heat-inactivated suspension of washed elementary bodies of myxoma virus. In the case of these viruses the methods employed were similar in principle to those used by Griffith in the transformation of pneumococcal types. These observations have subsequently been confirmed by other investigators (9).

The present paper is concerned with a more detailed analysis of the phenomenon of transformation of specific types of Pneumococcus. The major interest has centered in attempts to isolate the active principle from crude bacterial extracts and to identify if possible its chemical nature or at least to characterize it sufficiently to place it in a general group of known chemical substances. For purposes of study, the typical example of transformation chosen as a working model was the one with which we have had most experience and which consequently seemed best suited for analysis. This particular example represents the transformation of a non-encapsulated R variant of Pneumococcus Type II to Pneumococcus Type III.

EXPERIMENTAL

Transformation of pneumococcal types *in vitro* requires that certain cultural conditions be fulfilled before it is possible to demonstrate the reaction even in the presence of a potent extract. Not only must the broth medium be optimal for growth but it must be supplemented by the addition of serum or serous fluid known to possess certain special properties. Moreover, the R variant, as will be shown later, must be in the reactive phase in which it has the capacity to respond to the transforming stimulus. For purposes of convenience these several components as combined in the transforming test will be referred to as the *reaction system*. Each constituent of this system presented problems which required clarification before it was possible to obtain consistent and reproducible results. The various components of the system will be described in the following order: (1) nutrient broth, (2) serum or serous fluid, (3) strain of R Pneumococcus, and (4) extraction, purification, and chemical nature of the transforming principle.

1. Nutrient Broth.—Beef heart infusion broth containing 1 per cent neopeptone with no added dextrose and adjusted to an initial pH of 7.6–7.8 is used as the basic medium. Individual lots of broth show marked and unpredictable variations in the property of supporting transformation. It has been found, however, that charcoal adsorption, according to the method described by MacLeod and Mirick (10) for removal of sulfonamide inhibitors, eliminates to a large extent these variations; consequently this procedure is used as routine in the preparation of consistently effective broth for titrating the transforming activity of extracts.

2. Serum or Serous Fluid.—In the first successful experiments on the induction of transformation *in vitro*, Dawson and Sia (5) found that it was essential to add serum to the medium. Anti-R pneumococcal rabbit serum was used because of the observation that reversion of an R pneumococcus to the homologous S form can be induced by growth in a medium containing anti-R serum. Alloway (6) later found that ascitic or chest fluid and normal swine serum, all of which contain R antibodies, are capable of replacing antipneumococcal rabbit serum in the reaction system. Some form of serum is essential, and to our knowledge transformation *in vitro* has never been effected in the absence of serum or serous fluid.

In the present study human pleural or ascitic fluid has been used almost exclusively. It became apparent, however, that the effectiveness of different lots of serum varied and that the differences observed were not necessarily dependent upon the content of R antibodies, since many sera of high titer were found to be incapable of supporting transformation. This fact suggested that factors other than R antibodies are involved.

It has been found that sera from various animal species, irrespective of their immune properties, contain an enzyme capable of destroying the transforming principle in potent extracts. The nature of this enzyme and the specific substrate on which it acts will be referred to later in this paper. This enzyme is inactivated by heating the serum at 60°–65°C., and sera heated at temperatures known to destroy the enzyme are often rendered effective in the transforming system. Further analysis has shown that certain sera in which R antibodies are present and in which the enzyme has been inactivated may nevertheless fail to support transformation. This fact suggests that still another factor in the serum is essential. The content of this factor varies in different sera, and at present its identity is unknown.

There are at present no criteria which can be used as a guide in the selection of suitable sera or serous fluids except that of actually testing their capacity to support transformation. Fortunately, the requisite properties are stable and remain unimpaired over long periods of time; and sera that have been stored in the refrigerator for many months have been found on retesting to have lost little or none of their original effectiveness in supporting transformation.

The recognition of these various factors in serum and their rôle in the reaction system has greatly facilitated the standardization of the cultural conditions required for obtaining consistent and reproducible results.

3. The R Strain (R36A).—The unencapsulated R strain used in the present study was derived from a virulent "S" culture of Pneumococcus Type II. It will be recalled that irrespective of type derivation all "R" variants of Pneumococcus are characterized by the lack of capsule formation and the

consequent loss of both type specificity and the capacity to produce infection in the animal body. The designation of these variants as R forms has been used to refer merely to the fact that on artificial media the colony surface is "rough" in contrast to the smooth, glistening surface of colonies of encapsulated S cells.

The R strain referred to above as R36A was derived by growing the parent S culture of Pneumococcus Type II in broth containing Type II antipneumococcus rabbit serum for 36 serial passages and isolating the variant thus induced. The strain R36A has lost all the specific and distinguishing characteristics of the parent S organisms and consists only of attenuated and non-encapsulated R variants. The change S → R is often a reversible one provided the R cells are not too far "degraded." The reversion of the R form to its original specific type can frequently be accomplished by successive animal passages or by repeated serial subculture in anti-R serum. When reversion occurs under these conditions, however, the R culture invariably reverts to the encapsulated form of the same specific type as that from which it was derived (11). Strain R36A has become relatively fixed in the R phase and has never spontaneously reverted to the Type II S form. Moreover, repeated attempts to cause it to revert under the conditions just mentioned have in all instances been unsuccessful.

The reversible conversion of S⇌R within the limits of a single type is quite different from the transformation of one specific type of Pneumococcus into another specific type through the R form. Transformation of types has never been observed to occur spontaneously and has been induced experimentally only by the special techniques outlined earlier in this paper. Under these conditions, the enzymatic synthesis of a chemically and immunologically different capsular polysaccharide is specifically oriented and selectively determined by the specific type of S cells used as source of the transforming agent.

In the course of the present study it was noted that the stock culture of R36 on serial transfers in blood broth undergoes spontaneous dissociation giving rise to a number of other R variants which can be distinguished one from another by colony form. The significance of this in the present instance lies in the fact that of four different variants isolated from the parent R culture only one (R36A) is susceptible to the transforming action of potent extracts, while the others fail to respond and are wholly inactive in this regard. The fact that differences exist in the responsiveness of different R variants to the same specific stimulus enphasizes the care that must be exercised in the selection of a suitable R variant for use in experiments on transformation. The capacity of this R strain (R36A) to respond to a variety of different transforming agents is shown by the readiness with which it can be transformed to Types I, III, VI, or XIV, as well as to its original type (Type II), to which, as pointed out, it has never spontaneously reverted.

Although the significance of the following fact will become apparent later on, it must be mentioned here that pneumococcal cells possess an enzyme capable of destroying the activity of the transforming principle. Indeed, this enzyme has been

found to be present and highly active in the autolysates of a number of different strains. The fact that this intracellular enzyme is released during autolysis may explain, in part at least, the observation of Dawson and Sia (5) that it is essential in bringing about transformation in the test tube to use a small inoculum of young and actively growing R cells. The irregularity of the results and often the failure to induce transformation when large inocula are used may be attributable to the release from autolyzing cells of an amount of this enzyme sufficient to destroy the transforming principle in the reaction system.

In order to obtain consistent and reproducible results, two facts must be borne in mind: first, that an R culture can undergo spontaneous dissociation and give rise to other variants which have lost the capacity to respond to the transforming stimulus; and secondly, that pneumococcal cells contain an intracellular enzyme which when released destroys the activity of the transforming principle. Consequently, it is important to select a responsive strain and to prevent as far as possible the destructive changes associated with autolysis.

Method of Titration of Transforming Activity.—In the isolation and purification of the active principle from crude extracts of pneumococcal cells it is desirable to have a method for determining quantitatively the transforming activity of various fractions.

The experimental procedure used is as follows: Sterilization of the material to be tested for activity is accomplished by the use of alcohol since it has been found that this reagent has no effect on activity. A measured volume of extract is precipitated in a sterile centrifuge tube by the addition of 4 to 5 volumes of absolute ethyl alcohol, and the mixture is allowed to stand 8 or more hours in the refrigerator in order to effect sterilization. The alcohol precipitated material is centrifuged, the supernatant discarded, and the tube containing the precipitate is allowed to drain for a few minutes in the inverted position to remove excess alcohol. The mouth of the tube is then carefully flamed and a dry, sterile cotton plug is inserted. The precipitate is redissolved in the original volume of saline. Sterilization of active material by this technique has invariably proved effective. This procedure avoids the loss of active substance which may occur when the solution is passed through a Berkefeld filter or is heated at the high temperatures required for sterilization.

To the charcoal-adsorbed broth described above is added 10 per cent of the sterile ascitic or pleural fluid which has previously been heated at 60°C. for 30 minutes, in order to destroy the enzyme known to inactivate the transforming principle. The enriched medium is distributed under aseptic conditions in 2.0 cc. amounts in sterile tubes measuring 15 × 100 mm. The sterilized extract is diluted serially in saline neutralized to pH 7.2–7.6 by addition of 0.1 N NaOH, or it may be similarly diluted in M/40 phosphate buffer, pH 7.4. 0.2 cc. of each dilution is added to at least 3 or 4 tubes of the serum medium. The tubes are then seeded with a 5 to 8 hour blood broth culture of R36A. 0.05 cc. of a 10^{-4} dilution of this culture is added to each tube, and the cultures are incubated at 37°C. for 18 to 24 hours.

The anti-R properties of the serum in the medium cause the R cells to agglutinate during growth, and clumps of the agglutinated cells settle to the bottom of the tube leaving a clear supernatant. When transformation occurs, the encapsulated S cells, not being affected by these antibodies, grow diffusely throughout the medium. On the other hand, in the absence of transformation the supernatant remains clear, and only sedimented growth of R organisms occurs. This difference in the character of growth makes it possible by inspection alone to distinguish tentatively between positive and negative results. As routine all the cultures are plated on blood agar for confirmation and further bacteriological identification. Since the extracts used in the present study were derived from Pneumococcus Type III, the differentiation between the colonies of the original R organism and those of the transformed S cells is especially striking, the latter being large, glistening, mucoid colonies typical of Pneumococcus Type III. Figs. 1 and 2 illustrate these differences in colony form.

A typical protocol of a titration of the transforming activity of a highly purified preparation is given in Table IV.

Preparative Methods

Source Material.—In the present investigation a stock laboratory strain of Pneumococcus Type III (A66) has been used as source material for obtaining the active principle. Mass cultures of these organisms are grown in 50 to 75 liter lots of plain beef heart infusion broth. After 16 to 18 hours' incubation at 37°C. the bacterial cells are collected in a steam-driven sterilizable Sharples centrifuge. The centrifuge is equipped with cooling coils immersed in ice water so that the culture fluid is thoroughly chilled before flowing into the machine. This procedure retards autolysis during the course of centrifugation. The sedimented bacteria are removed from the collecting cylinder and resuspended in approximately 150 cc. of chilled saline (0.85 per cent NaCl), and care is taken that all clumps are thoroughly emulsified. The glass vessel containing the thick, creamy suspension of cells is immersed in a water bath, and the temperature of the suspension rapidly raised to 65°C. During the heating process the material is constantly stirred, and the temperature maintained at 65°C. for 30 minutes. Heating at this temperature inactivates the intracellular enzyme known to destroy the transforming principle.

Extraction of Heat-Killed Cells.—Although various procedures have been used, only that which has been found most satisfactory will be described here. The heat-killed cells are washed with saline 3 times. The chief value of the washing process is to remove a large excess of capsular polysaccharide together with much of the protein, ribonucleic acid, and somatic "C" polysaccharide. Quantitative titrations of transforming activity have shown that not more than 10 to 15 per cent of the active material is lost in the washing, a loss which is small in comparison to the amount of inert substances which are removed by this procedure.

After the final washing, the cells are extracted in 150 cc. of saline containing sodium desoxycholate in final concentration of 0.5 per cent by shaking the mixture me-

chanically 30 to 60 minutes. The cells are separated by centrifugation, and the extraction process is repeated 2 or 3 times. The desoxycholate extracts prepared in this manner are clear and colorless. These extracts are combined and precipitated by the addition of 3 to 4 volumes of absolute ethyl alcohol. The sodium desoxycholate being soluble in alcohol remains in the supernatant and is thus removed at this step. The precipitate forms a fibrous mass which floats to the surface of the alcohol and can be removed directly by lifting it out with a spatula. The excess alcohol is drained from the precipitate which is then redissolved in about 50 cc. of saline. The solution obtained is usually viscous, opalescent, and somewhat cloudy.

Deproteinization and Removal of Capsular Polysaccharide.—The solution is then deproteinized by the chloroform method described by Sevag (12). The procedure is repeated 2 or 3 times until the solution becomes clear. After this preliminary treatment the material is reprecipitated in 3 to 4 volumes of alcohol. The precipitate obtained is dissolved in a larger volume of saline (150 cc.) to which is added 3 to 5 mg. of a purified preparation of the bacterial enzyme capable of hydrolyzing the Type III capsular polysaccharide (13). The mixture is incubated at 37°C., and the destruction of the capsular polysaccharide is determined by serological tests with Type III antibody solution prepared by dissociation of immune precipitate according to the method described by Liu and Wu (14). The advantages of using the antibody solution for this purpose are that it does not react with other serologically active substances in the extract and that it selectively detects the presence of the capsular polysaccharide in dilutions as high as 1:6,000,000. The enzymatic breakdown of the polysaccharide is usually complete within 4 to 6 hours, as evidenced by the loss of serological reactivity. The digest is then precipitated in 3 to 4 volumes of ethyl alcohol, and the precipitate is redissolved in 50 cc. of saline. Deproteinization by the chloroform process is again used to remove the added enzyme protein and remaining traces of pneumococcal protein. The procedure is repeated until no further film of protein-chloroform gel is visible at the interface.

Alcohol Fractionation.—Following deproteinization and enzymatic digestion of the capsular polysaccharide, the material is repeatedly fractionated in ethyl alcohol as follows. Absolute ethyl alcohol is added dropwise to the solution with constant stirring. At a critical concentration varying from 0.8 to 1.0 volume of alcohol the active material separates out in the form of fibrous strands that wind themselves around the stirring rod. This precipitate is removed on the rod and washed in a 50 per cent mixture of alcohol and saline. Although the bulk of active material is removed by fractionation at the critical concentration, a small but appreciable amount remains in solution. However, upon increasing the concentration of alcohol to 3 volumes, the residual fraction is thrown down together with inert material in the form of a flocculent precipitate. This flocculent precipitate is taken up in a small volume of saline (5 to 10 cc.) and the solution again fractionated by the addition of 0.8 to 1.0 volume of alcohol. Additional fibrous material is obtained which is combined with that recovered from the original solution. Alcoholic fractionation is repeated 4 to 5 times. The yield of fibrous material obtained by this method varies from 10 to 25 mg. per 75 liters of culture and represents the major portion of active material present in the original crude extract.

Effect of Temperature.—As a routine procedure all steps in purification were carried

out at room temperature unless specifically stated otherwise. Because of the theoretical advantage of working at low temperature in the preparation of biologically active material, the purification of one lot (preparation 44) was carried out in the cold. In this instance all the above procedures with the exception of desoxycholate ex-extraction and enzyme treatment were conducted in a cold room maintained at 0–4°C. This preparation proved to have significantly higher activity than did material similarly prepared at room temperature.

Desoxycholate extraction of the heat-killed cells at low temperature is less efficient and yields smaller amounts of the active fraction. It has been demonstrated that higher temperatures facilitate extraction of the active principle, although activity is best preserved at low temperatures.

Analysis of Purified Transforming Material

General Properties.—Saline solutions containing 0.5 to 1.0 mg. per cc. of the purified substance are colorless and clear in diffuse light. However, in strong transmitted light the solution is not entirely clear and when stirred exhibits a silky sheen. Solutions at these concentrations are highly viscous.

Purified material dissolved in physiological salt solution and stored at 2–4°C. retains its activity in undiminished titer for at least 3 months. However, when dissolved in distilled water, it rapidly decreases in activity and becomes completely inert within a few days. Saline solutions stored in the frozen state in a CO_2 ice box (−70°C.) retain full potency for several months. Similarly, material precipitated from saline solution by alcohol and stored under the supernatant remains active over a long period of time. Partially purified material can be preserved by drying from the frozen state in the lyophile apparatus. However, when the same procedure is used for the preservation of the highly purified substance, it is found that the material undergoes changes resulting in decrease in solubility and loss of activity.

The activity of the transforming principle in crude extracts withstands heating for 30 to 60 minutes at 65°C. Highly purified preparations of active material are less stable, and some loss of activity occurs at this temperature. A quantitative study of the effect of heating purified material at higher temperatures has not as yet been made. Alloway (6), using crude extracts prepared from Type III pneumococcal cells, found that occasionally activity could still be demonstrated after 10 minutes' exposure in the water bath to temperatures as high as 90°C.

The procedures mentioned above were carried out with solutions adjusted to neutral reaction, since it has been shown that hydrogen ion concentrations in the acid range result in progressive loss of activity. Inactivation occurs rapidly at pH 5 and below.

Qualitative Chemical Tests.—The purified material in concentrated solution gives negative biuret and Millon tests. These tests have been done directly on dry material with negative results. The Dische diphenylamine reaction

for desoxyribonucleic acid is strongly positive. The orcinol test (Bial) for ribonucleic acid is weakly positive. However, it has been found that in similar concentrations pure preparations of desoxyribonucleic acid of animal origin prepared by different methods give a Bial reaction of corresponding intensity.

Although no specific tests for the presence of lipid in the purified material have been made, it has been found that crude material can be repeatedly extracted with alcohol and ether at −12°C. without loss of activity. In addition, as will be noted in the preparative procedures, repeated alcohol precipitation and treatment with chloroform result in no decrease in biological activity.

Elementary Chemical Analysis.[1]—Four purified preparations were analyzed for content of nitrogen, phosphorus, carbon, and hydrogen. The results are presented in Table I. The nitrogen-phosphorus ratios vary from 1.58 to 1.75 with an average value of 1.67 which is in close agreement with that calculated

TABLE I

Elementary Chemical Analysis of Purified Preparations of the Transforming Substance

Preparation No.	Carbon	Hydrogen	Nitrogen	Phosphorus	N/P ratio
	per cent	*per cent*	*per cent*	*per cent*	
37	34.27	3.89	14.21	8.57	1.66
38B	—	—	15.93	9.09	1.75
42	35.50	3.76	15.36	9.04	1.69
44	—	—	13.40	8.45	1.58
Theory for sodium desoxyribonucleate.....	34.20	3.21	15.32	9.05	1.69

on the basis of the theoretical structure of sodium desoxyribonucleate (tetranucleotide). The analytical figures by themselves do not establish that the substance isolated is a pure chemical entity. However, on the basis of the nitrogen-phosphorus ratio, it would appear that little protein or other substances containing nitrogen or phosphorus are present as impurities since if they were this ratio would be considerably altered.

Enzymatic Analysis.—Various crude and crystalline enzymes[2] have been tested for their capacity to destroy the biological activity of potent bacterial extracts. Extracts buffered at the optimal pH, to which were added crystalline trypsin and chymotrypsin or combinations of both, suffered no loss in activity following treatment with these enzymes. Pepsin could not be tested because

[1] The elementary chemical analyses were made by Dr. A. Elek of The Rockefeller Institute.

[2] The authors are indebted to Dr. John H. Northrop and Dr. M. Kunitz of The Rockefeller Institute for Medical Research, Princeton, N. J., for the samples of crystalline trypsin, chymotrypsin, and ribonuclease used in this work.

extracts are rapidly inactivated at the low pH required for its use. Prolonged treatment with crystalline ribonuclease under optimal conditions caused no demonstrable decrease in transforming activity. The fact that trypsin, chymotrypsin, and ribonuclease had no effect on the transforming principle is further evidence that this substance is not ribonucleic acid or a protein susceptible to the action of tryptic enzymes.

In addition to the crystalline enzymes, sera and preparations of enzymes obtained from the organs of various animals were tested to determine their effect on transforming activity. Certain of these were found to be capable of completely destroying biological activity. The various enzyme preparations tested included highly active phosphatases obtained from rabbit bone by the method of Martland and Robison (15) and from swine kidney as described by

TABLE II

The Inactivation of Transforming Principle by Crude Enzyme Preparations

Crude enzyme preparations	Enzymatic activity			
	Phosphatase	Tributyrin esterase	Depolymerase for desoxyribonucleate	Inactivation of transforming principle
Dog intestinal mucosa	+	+	+	+
Rabbit bone phosphatase	+	+	−	−
Swine kidney "	+	−	−	−
Pneumococcus autolysates	−	+	+	+
Normal dog and rabbit serum	+	+	+	+

H. and E. Albers (16). In addition, a preparation made from the intestinal mucosa of dogs by Levene and Dillon (17) and containing a polynucleotidase for thymus nucleic acid was used. Pneumococcal autolysates and a commercial preparation of pancreatin were also tested. The alkaline phosphatase activity of these preparations was determined by their action on β-glycerophosphate and phenyl phosphate, and the esterase activity by their capacity to split tributyrin. Since the highly purified transforming material isolated from pneumococcal extracts was found to contain desoxyribonucleic acid, these same enzymes were tested for depolymerase activity on known samples of desoxyribonucleic acid isolated by Mirsky[3] from fish sperm and mammalian tissues. The results are summarized in Table II in which the phosphatase, esterase, and nucleodepolymerase activity of these enzymes is compared with their capacity to destroy the transforming principle. Analysis of these results shows that irrespective of the presence of phosphatase or esterase only those

[3] The authors express their thanks to Dr. A. E. Mirsky of the Hospital of The Rockefeller Institute for these preparations of desoxyribonucleic acid.

preparations shown to contain an enzyme capable of depolymerizing authentic samples of desoxyribonucleic acid were found to inactivate the transforming principle.

Greenstein and Jenrette (18) have shown that tissue extracts, as well as the milk and serum of several mammalian species, contain an enzyme system which causes depolymerization of desoxyribonucleic acid. To this enzyme system Greenstein has later given the name desoxyribonucleodepolymerase (19). These investigators determined depolymerase activity by following the reduction in viscosity of solutions of sodium desoxyribonucleate. The nucleate and enzyme were mixed in the viscosimeter and viscosity measurements made at intervals during incubation at 30°C. In the present study this method was used in the measurement of depolymerase activity except that incubation was carried out at 37°C. and, in addition to the reduction of viscosity, the action of the enzyme was further tested by the progressive decrease in acid precipitability of the nucleate during enzymatic breakdown.

The effect of fresh normal dog and rabbit serum on the activity of the transforming substance is shown in the following experiment.

Sera obtained from a normal dog and normal rabbit were diluted with an equal volume of physiological saline. The diluted serum was divided into three equal portions. One part was heated at 65°C. for 30 minutes, another at 60°C. for 30 minutes, and the third was used unheated as control. A partially purified preparation of transforming material which had previously been dried in the lyophile apparatus was dissolved in saline in a concentration of 3.7 mg. per cc. 1.0 cc. of this solution was mixed with 0.5 cc. of the various samples of heated and unheated diluted sera, and the mixtures at pH 7.4 were incubated at 37°C. for 2 hours. After the serum had been allowed to act on the transforming material for this period, all tubes were heated at 65°C. for 30 minutes to stop enzymatic action. Serial dilutions were then made in saline and tested in triplicate for transforming activity according to the procedure described under Method of titration. The results given in Table III illustrate the differential heat inactivation of the enzymes in dog and rabbit serum which destroy the transforming principle.

From the data presented in Table III it is evident that both dog and rabbit serum in the unheated state are capable of completely destroying transforming activity. On the other hand, when samples of dog serum which have been heated either at 60°C. or at 65°C. for 30 minutes are used, there is no loss of transforming activity. Thus, in this species the serum enzyme responsible for destruction of the transforming principle is completely inactivated at 60°C. In contrast to these results, exposure to 65°C. for 30 minutes was required for complete destruction of the corresponding enzyme in rabbit serum.

The same samples of dog and rabbit serum used in the preceding experiment were also tested for their depolymerase activity on a preparation of sodium desoxyribonucleate isolated by Mirsky from shad sperm.

A highly viscous solution of the nucleate in distilled water in a concentration of 1 mg. per cc. was used. 1.0 cc. amounts of heated and unheated sera diluted in saline as shown in the preceding protocol were mixed in Ostwald viscosimeters with 4.0 cc.

TABLE III

Differential Heat Inactivation of Enzymes in Dog and Rabbit Serum Which Destroy the Transforming Substance

	Heat treatment of serum	Dilution*	Triplicate tests					
			1		2		3	
			Diffuse growth	Colony form	Diffuse growth	Colony form	Diffuse growth	Colony form
Dog serum	Unheated	Undiluted	−	R only	−	R only	−	R only
		1:5	−	R "	−	R "	−	R "
		1:25	−	R "	−	R "	−	R "
	60°C. for 30 min.	Undiluted	+	SIII	+	SIII	+	SIII
		1:5	+	SIII	+	SIII	+	SIII
		1:25	+	SIII	+	SIII	+	SIII
	65°C. for 30 min.	Undiluted	+	SIII	+	SIII	+	SIII
		1:5	+	SIII	+	SIII	+	SIII
		1:25	+	SIII	+	SIII	+	SIII
Rabbit serum	Unheated	Undiluted	−	R only	−	R only	−	R only
		1:5	−	R "	−	R "	−	R "
		1:25	−	R "	−	R "	−	R "
	60°C. for 30 min.	Undiluted	−	R only	−	R only	−	R only
		1:5	−	R "	−	R "	−	R "
		1:25	−	R "	−	R "	−	R "
	65°C. for 30 min.	Undiluted	+	SIII	+	SIII	+	SIII
		1:5	+	SIII	+	SIII	+	SIII
		1:25	+	SIII	+	SIII	+	SIII
Control (no serum)	None	Undiluted	+	SIII	+	SIII	+	SIII
		1:5	+	SIII	+	SIII	+	SIII
		1:25	+	SIII	+	SIII	+	SIII

* Dilution of the digest mixture of serum and transforming substance.

of the aqueous solution of the nucleate. Determinations of viscosity were made immediately and at intervals over a period of 24 hours during incubation at 37°C.

The results of this experiment are graphically presented in Chart 1. In the case of unheated serum of both dog and rabbit, the viscosity fell to that of water in 5 to 7 hours. Dog serum heated at 60°C. for 30 minutes brought about

no significant reduction in viscosity after 22 hours. On the other hand, heating rabbit serum at 60°C. merely reduced the rate of depolymerase action, and after 24 hours the viscosity was brought to the same level as with the unheated serum. Heating at 65°C., however, completely destoyed the rabbit serum depolymerase.

Thus, in the case of dog and rabbit sera there is a striking parallelism between the temperature of inactivation of the depolymerase and that of the enzyme which destroys the activity of the transforming principle. The fact that this difference in temperature of inactivation is not merely a general property of all enzymes in the sera is evident from experiments on the heat inactivation of

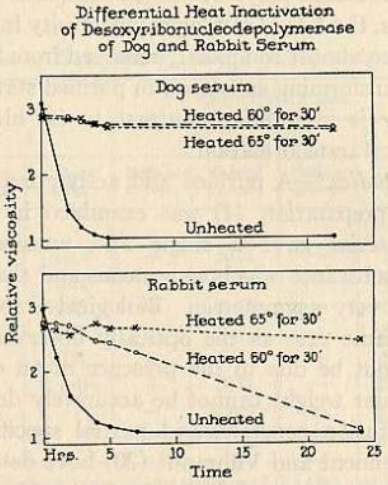


CHART 1

tributyrin esterase in the same samples of serum. In the latter instance, the results are the reverse of those observed with depolymerase since the esterase of rabbit serum is almost completely inactivated at 60°C. while that in dog serum is only slightly affected by exposure to this temperature.

Of a number of substances tested for their capacity to inhibit the action of the enzyme known to destroy the transforming principle, only sodium fluoride has been found to have a significant inhibitory effect. Regardless of whether this enzyme is derived from pneumococcal cells, dog intestinal mucosa, pancreatin, or normal sera its activity is inhibited by fluoride. Similarly it has been found that fluoride in the same concentration also inhibits the enzymatic depolymerization of desoxyribonucleic acid.

The fact that transforming activity is destroyed only by those preparations containing depolymerase for desoxyribonucleic acid and the further fact that

in both instances the enzymes concerned are inactivated at the same temperature and inhibited by fluoride provide additional evidence for the belief that the active principle is a nucleic acid of the desoxyribose type.

Serological Analysis.—In the course of chemical isolation of the active material it was found that as crude extracts were purified, their serological activity in Type III antiserum progressively decreased without corresponding loss in biological activity. Solutions of the highly purified substance itself gave only faint trace reactions in precipitin tests with high titer Type III antipneumococcus rabbit serum.[4] It is well known that pneumococcal protein can be detected by serological methods in dilutions as high as 1:50,000 and the capsular as well as the somatic polysaccharide in dilutions of at least 1:5,000,000. In view of these facts, the loss of serological reactivity indicates that these cell constituents have been almost completely removed from the final preparations. The fact that the transforming substance in purified state exhibits little or no serological reactivity is in striking contrast to its biological specificity in inducing pneumococcal transformation.

Physicochemical Studies.[5]—A purified and active preparation of the transforming substance (preparation 44) was examined in the analytical ultracentrigue. The material gave a single and unusually sharp boundary indicating that the substance was homogeneous and that the molecules were uniform in size and very asymmetric. Biological activity was found to be sedimented at the same rate as the optically observed boundary, showing that activity could not be due to the presence of an entity much different in size. The molecular weight cannot be accurately determined until measurements of the diffusion constant and partial specific volume have been made. However, Tennent and Vilbrandt (20) have determined the diffusion constant of several preparations of thymus nucleic acid the sedimentation rate of which is in close agreement with the values observed in the present study. Assuming that the asymmetry of the molecules is the same in both instances, it is estimated that the molecular weight of the pneumococcal preparation is of the order of 500,000.

Examination of the same active preparation was carried out by electrophoresis in the Tiselius apparatus and revealed only a single electrophoretic component of relatively high mobility comparable to that of a nucleic acid. Transforming activity was associated with the fast moving component giving the

[4] The Type III antipneumococcus rabbit serum employed in this study was furnished through the courtesy of Dr. Jules T. Freund, Bureau of Laboratories, Department of Health, City of New York.

[5] Studies on sedimentation in the ultracentrifuge were carried out by Dr. A. Rothen; the electrophoretic analyses were made by Dr. T. Shedlovsky, and the ultraviolet absorption curves by Dr. G. I. Lavin. The authors gratefully acknowledge their indebtedness to these members of the staff of The Rockefeller Institute.

optically visible boundary. Thus in both the electrical and centrifugal fields, the behavior of the purified substance is consistent with the concept that biological activity is a property of the highly polymerized nucleic acid.

Ultraviolet absorption curves showed maxima in the region of 2600 Å and minima in the region of 2350 Å. These findings are characteristic of nucleic acids.

Quantitative Determination of Biological Activity.—In its highly purified state the material as isolated has been found to be capable of inducing transformation in amounts ranging from 0.02 to 0.003 μg. Preparation 44, the purification of which was carried out at low temperature and which had a nitrogen-phosphorus

TABLE IV

Titration of Transforming Activity of Preparation 44

Transforming principle Preparation 44*		Quadruplicate tests							
		1		2		3		4	
Dilution	Amount added	Diffuse growth	Colony form	Diffuse growth	Colony form	Diffuse growth	Colony form	Diffuse growth	Colony form
	μg.								
10^{-2}	1.0	+	SIII	+	SIII	+	SIII	+	SIII
$10^{-2.5}$	0.3	+	SIII	+	SIII	+	SIII	+	SIII
10^{-3}	0.1	+	SIII	+	SIII	+	SIII	+	SIII
$10^{-3.5}$	0.03	+	SIII	+	SIII	+	SIII	+	SIII
10^{-4}	0.01	+	SIII	+	SIII	+	SIII	+	SIII
$10^{-4.5}$	0.003	−	R only	+	SIII	−	R only	+	SIII
10^{-5}	0.001	−	R "	−	R only	−	R "	−	R only
Control	None	−	R "	−	R "	−	R "	−	R "

* Solution from which dilutions were made contained 0.5 mg. per cc. of purified material. 0.2 cc. of each dilution added to quadruplicate tubes containing 2.0 cc. of standard serum broth. 0.05 cc. of a 10^{-4} dilution of a blood broth culture of R36A is added to each tube.

ratio of 1.58, exhibited high transforming activity. Titration of the activity of this preparation is given in Table IV.

A solution containing 0.5 mg. per cc. was serially diluted as shown in the protocol. 0.2 cc. of each of these dilutions was added to quadruplicate tubes containing 2.0 cc. of standard serum broth. All tubes were then inoculated with 0.05 cc. of a 10^{-4} dilution of a 5 to 8 hour blood broth culture of R36A. Transforming activity was determined by the procedure described under Method of titration.

The data presented in Table IV show that on the basis of dry weight 0.003 μg. of the active material brought about transformation. Since the reaction system containing the 0.003 μg. has a volume of 2.25 cc., this represents a final concentration of the purified substance of 1 part in 600,000,000.

DISCUSSION

The present study deals with the results of an attempt to determine the chemical nature of the substance inducing specific transformation of pneumococcal types. A desoxyribonucleic acid fraction has been isolated from Type III pneumococci which is capable of transforming unencapsulated R variants derived from Pneumococcus Type II into fully encapsulated Type III cells. Thompson and Dubos (21) have isolated from pneumococci a nucleic acid of the ribose type. So far as the writers are aware, however, a nucleic acid of the desoxyribose type has not heretofore been recovered from pneumococci nor has specific transformation been experimentally induced *in vitro* by a chemically defined substance.

Although the observations are limited to a single example, they acquire broader significance from the work of earlier investigators who demonstrated the interconvertibility of various pneumococcal types and showed that the specificity of the changes induced is in each instance determined by the particular type of encapsulated cells used to evoke the reaction. From the point of view of the phenomenon in general, therefore, it is of special interest that in the example studied, highly purified and protein-free material consisting largely, if not exclusively, of desoxyribonucleic acid is capable of stimulating unencapsulated R variants of Pneumococcus Type II to produce a capsular polysaccharide identical in type specificity with that of the cells from which the inducing substance was isolated. Equally striking is the fact that the substance evoking the reaction and the capsular substance produced in response to it are chemically distinct, each belonging to a wholly different class of chemical compounds.

The inducing substance, on the basis of its chemical and physical properties, appears to be a highly polymerized and viscous form of sodium desoxyribonucleate. On the other hand, the Type III capsular substance, the synthesis of which is evoked by this transforming agent, consists chiefly of a non-nitrogenous polysaccharide constituted of glucose-glucuronic acid units linked in glycosidic union (22). The presence of the newly formed capsule containing this type-specific polysaccharide confers on the transformed cells all the distinguishing characteristics of Pneumococcus Type III. Thus, it is evident that the inducing substance and the substance produced in turn are chemically distinct and biologically specific in their action and that both are requisite in determining the type specificity of the cell of which they form a part.

The experimental data presented in this paper strongly suggest that nucleic acids, at least those of the desoxyribose type, possess different specificities as evidenced by the selective action of the transforming principle. Indeed, the possibility of the existence of specific differences in biological behavior of nucleic acids has previously been suggested (23, 24) but has never been experimentally demonstrated owing in part at least to the lack of suitable biological methods.

The techniques used in the study of transformation appear to afford a sensitive means of testing the validity of this hypothesis, and the results thus far obtained add supporting evidence in favor of this point of view.

If it is ultimately proved beyond reasonable doubt that the transforming activity of the material described is actually an inherent property of the nucleic acid, one must still account on a chemical basis for the biological specificity of its action. At first glance, immunological methods would appear to offer the ideal means of determining the differential specificity of this group of biologically important substances. Although the constituent units and general pattern of the nucleic acid molecule have been defined, there is as yet relatively little known of the possible effect that subtle differences in molecular configuration may exert on the biological specificity of these substances. However, since nucleic acids free or combined with histones or protamines are not known to function antigenically, one would not anticipate that such differences would be revealed by immunological techniques. Consequently, it is perhaps not surprising that highly purified and protein-free preparations of desoxyribonucleic acid, although extremely active in inducing transformation, showed only faint trace reactions in precipitin tests with potent Type III antipneumococcus rabbit sera.

From these limited observations it would be unwise to draw any conclusion concerning the immunological significance of the nucleic acids until further knowledge on this phase of the problem is available. Recent observations by Lackman and his collaborators (25) have shown that nucleic acids of both the yeast and thymus type derived from hemolytic streptococci and from animal and plant sources precipitate with certain antipneumococcal sera. The reactions varied with different lots of immune serum and occurred more frequently in antipneumococcal horse serum than in corresponding sera of immune rabbits. The irregularity and broad cross reactions encountered led these investigators to express some doubt as to the immunological significance of the results. Unless special immunochemical methods can be devised similar to those so successfully used in demonstrating the serological specificity of simple non-antigenic substances, it appears that the techniques employed in the study of transformation are the only ones available at present for testing possible differences in the biological behavior of nucleic acids.

Admittedly there are many phases of the problem of transformation that require further study and many questions that remain unanswered largely because of technical difficulties. For example, it would be of interest to know the relation between rate of reaction and concentration of the transforming substance; the proportion of cells transformed to those that remain unaffected in the reaction system. However, from a bacteriological point of view, numerical estimations based on colony counts might prove more misleading than enlightening because of the aggregation and sedimentation of the R cells ag-

glutinated by the antiserum in the medium. Attempts to induce transformation in suspensions of resting cells held under conditions inhibiting growth and multiplication have thus far proved unsuccessful, and it seems probable that transformation occurs only during active reproduction of the cells. Important in this connection is the fact that the R cells, as well as those that have undergone transformation, presumably also all other variants and types of pneumococci, contain an intracellular enzyme which is released during autolysis and in the free state is capable of rapidly and completely destroying the activity of the transforming agent. It would appear, therefore, that during the logarithmic phase of growth when cell division is most active and autolysis least apparent, the cultural conditions are optimal for the maintenance of the balance between maximal reactivity of the R cell and minimal destruction of the transforming agent through the release of autolytic ferments.

In the present state of knowledge any interpretation of the mechanism involved in transformation must of necessity be purely theoretical. The biochemical events underlying the phenomenon suggest that the transforming principle interacts with the R cell giving rise to a coordinated series of enzymatic reactions that culminate in the synthesis of the Type III capsular antigen. The experimental findings have clearly demonstrated that the induced alterations are not random changes but are predictable, always corresponding in type specificity to that of the encapsulated cells from which the transforming substance was isolated. Once transformation has occurred, the newly acquired characteristics are thereafter transmitted in series through innumerable transfers in artificial media without any further addition of the transforming agent. Moreover, from the transformed cells themselves, a substance of identical activity can again be recovered in amounts far in excess of that originally added to induce the change. It is evident, therefore, that not only is the capsular material reproduced in successive generations but that the primary factor, which controls the occurrence and specificity of capsular development, is also reduplicated in the daughter cells. The induced changes are not temporary modifications but are permanent alterations which persist provided the cultural conditions are favorable for the maintenance of capsule formation. The transformed cells can be readily distinguished from the parent R forms not alone by serological reactions but by the presence of a newly formed and visible capsule which is the immunological unit of type specificity and the accessory structure essential in determining the infective capacity of the microorganism in the animal body.

It is particularly significant in the case of pneumococci that the experimentally induced alterations are definitely correlated with the development of a new morphological structure and the consequent acquisition of new antigenic and invasive properties. Equally if not more significant is the fact that these changes are predictable, type-specific, and heritable.

Various hypotheses have been advanced in explanation of the nature of the changes induced. In his original description of the phenomenon Griffith (1) suggested that the dead bacteria in the inoculum might furnish some specific protein that serves as a "pabulum" and enables the R form to manufacture a capsular carbohydrate.

More recently the phenomenon has been interpreted from a genetic point of view (26, 27). The inducing substance has been likened to a gene, and the capsular antigen which is produced in response to it has been regarded as a gene product. In discussing the phenomenon of transformation Dobzhansky (27) has stated that "If this transformation is described as a genetic mutation—and it is difficult to avoid so describing it—we are dealing with authentic cases of induction of specific mutations by specific treatments. . . ."

Another interpretation of the phenomenon has been suggested by Stanley (28) who has drawn the analogy between the activity of the transforming agent and that of a virus. On the other hand, Murphy (29) has compared the causative agents of fowl tumors with the transforming principle of Pneumococcus. He has suggested that both these groups of agents be termed "transmissible mutagens" in order to differentiate them from the virus group. Whatever may prove to be the correct interpretation, these differences in viewpoint indicate the implications of the phenomenon of transformation in relation to similar problems in the fields of genetics, virology, and cancer research.

It is, of course, possible that the biological activity of the substance described is not an inherent property of the nucleic acid but is due to minute amounts of some other substance adsorbed to it or so intimately associated with it as to escape detection. If, however, the biologically active substance isolated in highly purified form as the sodium salt of desoxyribonucleic acid actually proves to be the transforming principle, as the available evidence strongly suggests, then nucleic acids of this type must be regarded not merely as structurally important but as functionally active in determining the biochemical activities and specific characteristics of pneumococcal cells. Assuming that the sodium desoxyribonucleate and the active principle are one and the same substance, then the transformation described represents a change that is chemically induced and specifically directed by a known chemical compound. If the results of the present study on the chemical nature of the transforming principle are confirmed, then nucleic acids must be regarded as possessing biological specificity the chemical basis of which is as yet undetermined.

SUMMARY

1. From Type III pneumococci a biologically active fraction has been isolated in highly purified form which in exceedingly minute amounts is capable under appropriate cultural conditions of inducing the transformation of unencapsulated R variants of Pneumococcus Type II into fully encapsulated cells of the

same specific type as that of the heat-killed microorganisms from which the inducing material was recovered.

2. Methods for the isolation and purification of the active transforming material are described.

3. The data obtained by chemical, enzymatic, and serological analyses together with the results of preliminary studies by electrophoresis, ultracentrifugation, and ultraviolet spectroscopy indicate that, within the limits of the methods, the active fraction contains no demonstrable protein, unbound lipid, or serologically reactive polysaccharide and consists principally, if not solely, of a highly polymerized, viscous form of desoxyribonucleic acid.

4. Evidence is presented that the chemically induced alterations in cellular structure and function are predictable, type-specific, and transmissible in series. The various hypotheses that have been advanced concerning the nature of these changes are reviewed.

CONCLUSION

The evidence presented supports the belief that a nucleic acid of the desoxyribose type is the fundamental unit of the transforming principle of Pneumococcus Type III.

BIBLIOGRAPHY

1. Griffith, F., *J. Hyg.*, Cambridge, Eng., 1928, **27,** 113.
2. Neufeld, F., and Levinthal, W., *Z. Immunitätsforsch.*, 1928, **55,** 324.
3. Baurhenn, W., *Centr. Bakt., I. Abt., Orig.*, 1932, **126,** 68.
4. Dawson, M. H., *J. Exp. Med.*, 1930, **51,** 123.
5. Dawson, M. H., and Sia, R. H. P., *J. Exp. Med.*, 1931, **54,** 681.
6. Alloway, J. L., *J. Exp. Med.*, 1932, **55,** 91; 1933, **57,** 265.
7. Berry, G. P., and Dedrick, H. M., *J. Bact.*, 1936, **31,** 50.
8. Berry, G. P., *Arch. Path.*, 1937, **24,** 533.
9. Hurst, E. W., *Brit. J. Exp. Path.*, 1937, **18,** 23. Hoffstadt, R. E., and Pilcher, K. S., *J. Infect. Dis.*, 1941, **68,** 67. Gardner, R. E., and Hyde, R. R., *J. Infect. Dis.*, 1942, **71,** 47. Houlihan, R. B., *Proc. Soc. Exp. Biol. and Med.*, 1942, **51,** 259.
10. MacLeod, C. M., and Mirick, G. S., *J. Bact.*, 1942, **44,** 277.
11. Dawson, M. H., *J. Exp. Med.*, 1928, **47,** 577; 1930, **51,** 99.
12. Sevag, M. G., *Biochem. Z.*, 1934, **273,** 419. Sevag, M. G., Lackman, D. B., and Smolens, J., *J. Biol. Chem.*, 1938, **124,** 425.
13. Dubos, R. J., and Avery, O. T., *J. Exp. Med.*, 1931, **54,** 51. Dubos, R. J., and Bauer, J. H., *J. Exp. Med.*, 1935, **62,** 271.
14. Liu, S., and Wu, H., *Chinese J. Physiol.*, 1938, **13,** 449.
15. Martland, M., and Robison, R., *Biochem. J.*, 1929, **23,** 237.
16. Albers, H., and Albers, E., *Z. physiol. Chem.*, 1935, **232,** 189.
17. Levene, P. A., and Dillon, R. T., *J. Biol. Chem.*, 1933, **96,** 461.
18. Greenstein, J. P., and Jenrette, W. Y., *J. Nat. Cancer Inst.*, 1940, **1,** 845.

19. Greenstein, J. P., *J. Nat. Cancer Inst.*, 1943, **4,** 55.
20. Tennent, H. G., and Vilbrandt, C. F., *J. Am. Chem. Soc.*, 1943, **65,** 424.
21. Thompson, R. H. S., and Dubos, R. J., *J. Biol. Chem.*, 1938, **125,** 65.
22. Reeves, R. E., and Goebel, W. F., *J. Biol. Chem.*, 1941, **139,** 511.
23. Schultz, J., in Genes and chromosomes. Structure and organization, Cold Spring Harbor symposia on quantitative biology, Cold Spring Harbor, Long Island Biological Association, 1941, **9,** 55.
24. Mirsky, A. E., in Advances in enzymology and related subjects of biochemistry, (F. F. Nord and C. H. Werkman, editors), New York, Interscience Publishers, Inc., 1943, **3,** 1.
25. Lackman, D., Mudd, S., Sevag, M. G., Smolens, J., and Wiener, M., *J. Immunol.*, 1941, **40,** 1.
26. Gortner, R. A., Outlines of biochemistry, New York, Wiley, 2nd edition, 1938, 547.
27. Dobzhansky, T., Genetics and the origin of the species, New York, Columbia University Press, 1941, 47.
28. Stanley, W. M., in Doerr, R., and Hallauer, C., Handbuch der Virusforschung, Vienna, Julius Springer, 1938, **1,** 491.
29. Murphy, J. B., *Tr. Assn. Am. Physn.*, 1931, **46,** 182; *Bull. Johns Hopkins Hosp.*, 1935, **56,** 1.

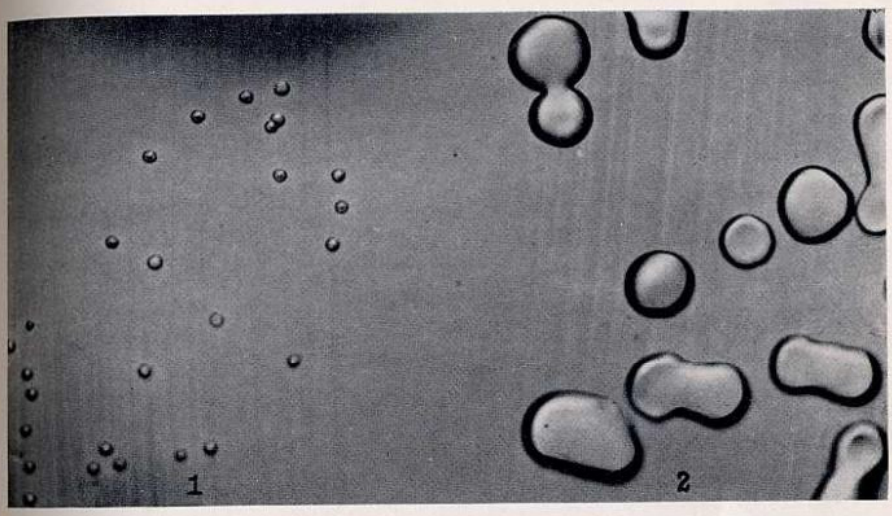
EXPLANATION OF PLATE 1

The photograph was made by Mr. Joseph B. Haulenbeek.

FIG. 1. Colonies of the R variant (R36A) derived from Pneumococcus Type II. Plated on blood agar from a culture grown in serum broth in the absence of the transforming substance. ×3.5.

FIG. 2. Colonies on blood agar of the same cells after induction of transformation during growth in the same medium with the addition of active transforming principle isolated from Type III pneumococci. The smooth, glistening, mucoid colonies shown are characteristic of Pneumococcus Type III and readily distinguishable from the small, rough colonies of the parent R strain illustrated in Fig. 1. ×3.5.

THE JOURNAL OF EXPERIMENTAL MEDICINE VOL. 79 PLATE 1



(Avery *et al.*: Transformation of pneumococcal types)

ANEXO 3

INDEPENDENT FUNCTIONS OF VIRAL PROTEIN AND NUCLEIC ACID IN GROWTH OF BACTERIOPHAGE*

By A. D. HERSHEY and MARTHA CHASE

(From the Department of Genetics, Carnegie Institution of Washington, Cold Spring Harbor, Long Island)

(Received for publication, April 9, 1952)

The work of Doermann (1948), Doermann and Dissosway (1949), and Anderson and Doermann (1952) has shown that bacteriophages T2, T3, and T4 multiply in the bacterial cell in a non-infective form. The same is true of the phage carried by certain lysogenic bacteria (Lwoff and Gutmann, 1950). Little else is known about the vegetative phase of these viruses. The experiments reported in this paper show that one of the first steps in the growth of T2 is the release from its protein coat of the nucleic acid of the virus particle, after which the bulk of the sulfur-containing protein has no further function.

Materials and Methods.—Phage T2 means in this paper the variety called T2H (Hershey, 1946); T2*h* means one of the host range mutants of T2; UV-phage means phage irradiated with ultraviolet light from a germicidal lamp (General Electric Co.) to a fractional survival of 10^{-5}.

Sensitive bacteria means a strain (H) of *Escherichia coli* sensitive to T2 and its *h* mutant; resistant bacteria B/2 means a strain resistant to T2 but sensitive to its *h* mutant; resistant bacteria B/2*h* means a strain resistant to both. These bacteria do not adsorb the phages to which they are resistant.

"Salt-poor" broth contains per liter 10 gm. bacto-peptone, 1 gm. glucose, and 1 gm. NaCl. "Broth" contains, in addition, 3 gm. bacto-beef extract and 4 gm. NaCl.

Glycerol-lactate medium contains per liter 70 mM sodium lactate, 4 gm. glycerol, 5 gm. NaCl, 2 gm. KCl, 1 gm. NH_4Cl, 1 mM $MgCl_2$, 0.1 mM $CaCl_2$, 0.01 gm. gelatin, 10 mg. P (as orthophosphate), and 10 mg. S (as $MgSO_4$), at pH 7.0.

Adsorption medium contains per liter 4 gm. NaCl, 5 gm. K_2SO_4, 1.5 gm. KH_2PO_4, 3.0 gm. Na_2HPO_4, 1 mM $MgSO_4$, 0.1 mM $CaCl_2$, and 0.01 gm. gelatin, at pH 7.0.

Veronal buffer contains per liter 1 gm. sodium diethylbarbiturate, 3 mM $MgSO_4$, and 1 gm. gelatin, at pH 8.0.

The HCN referred to in this paper consists of molar sodium cyanide solution neutralized when needed with phosphoric acid.

---

* This investigation was supported in part by a research grant from the National Microbiological Institute of the National Institutes of Health, Public Health Service. Radioactive isotopes were supplied by the Oak Ridge National Laboratory on allocation from the Isotopes Division, United States Atomic Energy Commission.

Adsorption of isotope to bacteria was usually measured by mixing the sample in adsorption medium with bacteria from 18 hour broth cultures previously heated to 70°C. for 10 minutes and washed with adsorption medium. The mixtures were warmed for 5 minutes at 37°C., diluted with water, and centrifuged. Assays were made of both sediment and supernatant fractions.

Precipitation of isotope with antiserum was measured by mixing the sample in 0.5 per cent saline with about 10^{11} per ml. of non-radioactive phage and slightly more than the least quantity of antiphage serum (final dilution 1:160) that would cause visible precipitation. The mixture was centrifuged after 2 hours at 37°C.

Tests with DNase (desoxyribonuclease) were performed by warming samples diluted in veronal buffer for 15 minutes at 37°C. with 0.1 mg. per ml. of crystalline enzyme (Worthington Biochemical Laboratory).

Acid-soluble isotope was measured after the chilled sample had been precipitated with 5 per cent trichloroacetic acid in the presence of 1 mg./ml. of serum albumin, and centrifuged.

In all fractionations involving centrifugation, the sediments were not washed, and contained about 5 per cent of the supernatant. Both fractions were assayed.

Radioactivity was measured by means of an end-window Geiger counter, using dried samples sufficiently small to avoid losses by self-absorption. For absolute measurements, reference solutions of P^{32} obtained from the National Bureau of Standards, as well as a permanent simulated standard, were used. For absolute measurements of S^{35} we relied on the assays (±20 per cent) furnished by the supplier of the isotope (Oak Ridge National Laboratory).

Glycerol-lactate medium was chosen to permit growth of bacteria without undesirable pH changes at low concentrations of phosphorus and sulfur, and proved useful also for certain experiments described in this paper. 18-hour cultures of sensitive bacteria grown in this medium contain about 2×10^9 cells per ml., which grow exponentially without lag or change in light-scattering per cell when subcultured in the same medium from either large or small seedings. The generation time is 1.5 hours at 37°C. The cells are smaller than those grown in broth. T2 shows a latent period of 22 to 25 minutes in this medium. The phage yield obtained by lysis with cyanide and UV-phage (described in context) is one per bacterium at 15 minutes and 16 per bacterium at 25 minutes. The final burst size in diluted cultures is 30 to 40 per bacterium, reached at 50 minutes. At 2×10^8 cells per ml., the culture lyses slowly, and yields 140 phage per bacterium. The growth of both bacteria and phage in this medium is as reproducible as that in broth.

For the preparation of radioactive phage, P^{32} of specific activity 0.5 mc./mg. or S^{35} of specific activity 8.0 mc./mg. was incorporated into glycerol-lactate medium, in which bacteria were allowed to grow at least 4 hours before seeding with phage. After infection with phage, the culture was aerated overnight, and the radioactive phage was isolated by three cycles of alternate slow (2000 *G*) and fast (12,000 *G*) centrifugation in adsorption medium. The suspensions were stored at a concentration not exceeding 4 μc./ml.

Preparations of this kind contain 1.0 to 3.0×10^{-12} μg. S and 2.5 to 3.5×10^{-11} μg. P per viable phage particle. Occasional preparations containing excessive amounts of sulfur can be improved by absorption with heat-killed bacteria that do not adsorb

the phage. The radiochemical purity of the preparations is somewhat uncertain, owing to the possible presence of inactive phage particles and empty phage membranes. The presence in our preparations of sulfur (about 20 per cent) that is precipitated by antiphage serum (Table I) and either adsorbed by bacteria resistant to phage, or not adsorbed by bacteria sensitive to phage (Table VII), indicates contamination by membrane material. Contaminants of bacterial origin are probably negligible for present purposes as indicated by the data given in Table I. For proof that our principal findings reflect genuine properties of viable phage particles, we rely on some experiments with inactivated phage cited at the conclusion of this paper.

The Chemical Morphology of Resting Phage Particles.—Anderson (1949) found that bacteriophage T2 could be inactivated by suspending the particles in high concentrations of sodium chloride, and rapidly diluting the suspension with water. The inactivated phage was visible in electron micrographs as tadpole-shaped "ghosts." Since no inactivation occurred if the dilution was slow

TABLE I

Composition of Ghosts and Solution of Plasmolyzed Phage

Per cent of isotope]	Whole phage labeled with		Plasmolyzed phage labeled with	
	P^{32}	S^{35}	P^{32}	S^{35}
Acid-soluble	—	—	1	—
Acid-soluble after treatment with DNase	1	1	80	1
Adsorbed to sensitive bacteria	85	90	2	90
Precipitated by antiphage	90	99	5	97

he attributed the inactivation to osmotic shock, and inferred that the particles possessed an osmotic membrane. Herriott (1951) found that osmotic shock released into solution the DNA (desoxypentose nucleic acid) of the phage particle, and that the ghosts could adsorb to bacteria and lyse them. He pointed out that this was a beginning toward the identification of viral functions with viral substances.

We have plasmolyzed isotopically labeled T2 by suspending the phage (10^{11} per ml.) in 3 M sodium chloride for 5 minutes at room temperature, and rapidly pouring into the suspension 40 volumes of distilled water. The plasmolyzed phage, containing not more than 2 per cent survivors, was then analyzed for phosphorus and sulfur in the several ways shown in Table I. The results confirm and extend previous findings as follows:—

1. Plasmolysis separates phage T2 into ghosts containing nearly all the sulfur and a solution containing nearly all the DNA of the intact particles.

2. The ghosts contain the principal antigens of the phage particle detectable by our antiserum. The DNA is released as the free acid, or possibly linked to sulfur-free, apparently non-antigenic substances.

3. The ghosts are specifically adsorbed to phage-susceptible bacteria; the DNA is not.

4. The ghosts represent protein coats that surround the DNA of the intact particles, react with antiserum, protect the DNA from DNase (desoxyribonuclease), and carry the organ of attachment to bacteria.

5. The effects noted are due to osmotic shock, because phage suspended in salt and diluted slowly is not inactivated, and its DNA is not exposed to DNase.

TABLE II

Sensitization of Phage DNA to DNase by Adsorption to Bacteria

Phage adsorbed to	Phage labeled with	Non-sedimentable isotope, *per cent*	
		After DNase	No DNase
Live bacteria	S^{35}	2	1
" "	P^{32}	8	7
Bacteria heated before infection	S^{35}	15	11
" " " "	P^{32}	76	13
Bacteria heated after infection	S^{35}	12	14
" " " "	P^{32}	66	23
Heated unadsorbed phage: acid-soluble P^{32} — 70°	P^{32}	5	
80°	P^{32}	13	
90°	P^{32}	81	
100°	P^{32}	88	

Phage adsorbed to bacteria for 5 minutes at 37°C. in adsorption medium, followed by washing.

Bacteria heated for 10 minutes at 80°C. in adsorption medium (before infection) or in veronal buffer (after infection).

Unadsorbed phage heated in veronal buffer, treated with DNase, and precipitated with trichloroacetic acid.

All samples fractionated by centrifuging 10 minutes at 1300 *G.*

Sensitization of Phage DNA to DNase by Adsorption to Bacteria.—The structure of the resting phage particle described above suggests at once the possibility that multiplication of virus is preceded by the alteration or removal of the protective coats of the particles. This change might be expected to show itself as a sensitization of the phage DNA to DNase. The experiments described in Table II show that this happens. The results may be summarized as follows:—

1. Phage DNA becomes largely sensitive to DNase after adsorption to heat-killed bacteria.

2. The same is true of the DNA of phage adsorbed to live bacteria, and then

heated to 80°C. for 10 minutes, at which temperature unadsorbed phage is not sensitized to DNase.

3. The DNA of phage adsorbed to unheated bacteria is resistant to DNase, presumably because it is protected by cell structures impervious to the enzyme.

Graham and collaborators (personal communication) were the first to discover the sensitization of phage DNA to DNase by adsorption to heat-killed bacteria.

The DNA in infected cells is also made accessible to DNase by alternate freezing and thawing (followed by formaldehyde fixation to inactivate cellular enzymes), and to some extent by formaldehyde fixation alone, as illustrated by the following experiment.

Bacteria were grown in broth to 5×10^7 cells per ml., centrifuged, resuspended in adsorption medium, and infected with about two P^{32}-labeled phage per bacterium. After 5 minutes for adsorption, the suspension was diluted with water containing per liter 1.0 mM $MgSO_4$, 0.1 mM $CaCl_2$, and 10 mg. gelatin, and recentrifuged. The cells were resuspended in the fluid last mentioned at a concentration of 5×10^8 per ml. This suspension was frozen at −15°C. and thawed with a minimum of warming, three times in succession. Immediately after the third thawing, the cells were fixed by the addition of 0.5 per cent (*v/v*) of formalin (35 per cent HCHO). After 30 minutes at room temperature, the suspension was dialyzed free from formaldehyde and centrifuged at 2200 *G* for 15 minutes. Samples of P^{32}-labeled phage, frozen-thawed, fixed, and dialyzed, and of infected cells fixed only and dialyzed, were carried along as controls.

The analysis of these materials, given in Table III, shows that the effect of freezing and thawing is to make the intracellular DNA labile to DNase, without, however, causing much of it to leach out of the cells. Freezing and thawing and formaldehyde fixation have a negligible effect on unadsorbed phage, and formaldehyde fixation alone has only a mild effect on infected cells.

Both sensitization of the intracellular P^{32} to DNase, and its failure to leach out of the cells, are constant features of experiments of this type, independently of visible lysis. In the experiment just described, the frozen suspension cleared during the period of dialysis. Phase-contrast microscopy showed that the cells consisted largely of empty membranes, many apparently broken. In another experiment, samples of infected bacteria from a culture in salt-poor broth were repeatedly frozen and thawed at various times during the latent period of phage growth, fixed with formaldehyde, and then washed in the centrifuge. Clearing and microscopic lysis occurred only in suspensions frozen during the second half of the latent period, and occurred during the first or second thawing. In this case the lysed cells consisted wholly of intact cell membranes, appearing empty except for a few small, rather characteristic refractile bodies apparently attached to the cell walls. The behavior of intracellular P^{32} toward DNase, in either the lysed or unlysed cells, was not significantly different from

that shown in Table III, and the content of P^{32} was only slightly less after lysis. The phage liberated during freezing and thawing was also titrated in this experiment. The lysis occurred without appreciable liberation of phage in suspensions frozen up to and including the 16th minute, and the 20 minute sample yielded only five per bacterium. Another sample of the culture formalinized at 30 minutes, and centrifuged without freezing, contained 66 per cent of the P^{32} in non-sedimentable form. The yield of extracellular phage at 30 minutes was 108 per bacterium, and the sedimented material consisted largely of formless debris but contained also many apparently intact cell membranes.

TABLE III

Sensitization of Intracellular Phage to DNase by Freezing, Thawing, and Fixation with Formaldehyde

	Unadsorbed phage frozen, thawed, fixed	Infected cells frozen, thawed, fixed	Infected cells fixed only
Low speed sediment fraction			
Total P^{32}	—	71	86
Acid-soluble	—	0	0.5
Acid-soluble after DNase	—	59	28
Low speed supernatant fraction			
Total P^{32}	—	29	14
Acid-soluble	1	0.8	0.4
Acid-soluble after DNase	11	21	5.5

The figures express per cent of total P^{32} in the original phage, or its adsorbed fraction.

We draw the following conclusions from the experiments in which cells infected with P^{32}-labeled phage are subjected to freezing and thawing.

1. Phage DNA becomes sensitive to DNAse after adsorption to bacteria in buffer under conditions in which no known growth process occurs (Benzer, 1952; Dulbecco, 1952).

2. The cell membrane can be made permeable to DNase under conditions that do not permit the escape of either the intracellular P^{32} or the bulk of the cell contents.

3. Even if the cells lyse as a result of freezing and thawing, permitting escape of other cell constituents, most of the P^{32} derived from phage remains inside the cell membranes, as do the mature phage progeny.

4. The intracellular P^{32} derived from phage is largely freed during spontaneous lysis accompanied by phage liberation.

We interpret these facts to mean that intracellular DNA derived from phage is not merely DNA in solution, but is part of an organized structure at all times during the latent period.

Liberation of DNA from Phage Particles by Adsorption to Bacterial Fragments.—The sensitization of phage DNA to specific depolymerase by adsorption to bacteria might mean that adsorption is followed by the ejection of the phage DNA from its protective coat. The following experiment shows that this is in fact what happens when phage attaches to fragmented bacterial cells.

TABLE IV

Release of DNA from Phage Adsorbed to Bacterial Debris

	Phage labeled with	
	S^{35}	P^{32}
Sediment fraction		
Surviving phage	16	22
Total isotope	87	55
Acid-soluble isotope	0	2
Acid-soluble after DNase	2	29
Supernatant fraction		
Surviving phage	5	5
Total isotope	13	45
Acid-soluble isotope	0.8	0.5
Acid-soluble after DNase	0.8	39

S^{35}- and P^{32}-labeled T2 were mixed with identical samples of bacterial debris in adsorption medium and warmed for 30 minutes at 37°C. The mixtures were then centrifuged for 15 minutes at 2200 *G*, and the sediment and supernatant fractions were analyzed separately. The results are expressed as per cent of input phage or isotope.

Bacterial debris was prepared by infecting cells in adsorption medium with four particles of T2 per bacterium, and transferring the cells to salt-poor broth at 37°C. The culture was aerated for 60 minutes, M/50 HCN was added, and incubation continued for 30 minutes longer. At this time the yield of extracellular phage was 400 particles per bacterium, which remained unadsorbed because of the low concentration of electrolytes. The debris from the lysed cells was washed by centrifugation at 1700 *G*, and resuspended in adsorption medium at a concentration equivalent to 3×10^9 lysed cells per ml. It consisted largely of collapsed and fragmented cell membranes. The adsorption of radioactive phage to this material is described in Table IV. The following facts should be noted.

1. The unadsorbed fraction contained only 5 per cent of the original phage particles in infective form, and only 13 per cent of the total sulfur. (Much of this sulfur must be the material that is not adsorbable to whole bacteria.)

2. About 80 per cent of the phage was inactivated. Most of the sulfur of this phage, as well as most of the surviving phage, was found in the sediment fraction.

3. The supernatant fraction contained 40 per cent of the total phage DNA (in a form labile to DNase) in addition to the DNA of the unadsorbed surviving phage. The labile DNA amounted to about half of the DNA of the inactivated phage particles, whose sulfur sedimented with the bacterial debris.

4. Most of the sedimentable DNA could be accounted for either as surviving phage, or as DNA labile to DNase, the latter amounting to about half the DNA of the inactivated particles.

Experiments of this kind are unsatisfactory in one respect: one cannot tell whether the liberated DNA represents all the DNA of some of the inactivated particles, or only part of it.

Similar results were obtained when bacteria (strain B) were lysed by large amounts of UV-killed phage T2 or T4 and then tested with P^{32}-labeled T2 and T4. The chief point of interest in this experiment is that bacterial debris saturated with UV-killed T2 adsorbs T4 better than T2, and debris saturated with T4 adsorbs T2 better than T4. As in the preceding experiment, some of the adsorbed phage was not inactivated and some of the DNA of the inactivated phage was not released from the debris.

These experiments show that some of the cell receptors for T2 are different from some of the cell receptors for T4, and that phage attaching to these specific receptors is inactivated by the same mechanism as phage attaching to unselected receptors. This mechanism is evidently an active one, and not merely the blocking of sites of attachment to bacteria.

Removal of Phage Coats from Infected Bacteria.—Anderson (1951) has obtained electron micrographs indicating that phage T2 attaches to bacteria by its tail. If this precarious attachment is preserved during the progress of the infection, and if the conclusions reached above are correct, it ought to be a simple matter to break the empty phage membranes off the infected bacteria, leaving the phage DNA inside the cells.

The following experiments show that this is readily accomplished by strong shearing forces applied to suspensions of infected cells, and further that infected cells from which 80 per cent of the sulfur of the parent virus has been removed remain capable of yielding phage progeny.

Broth-grown bacteria were infected with S^{35}- or P^{32}-labeled phage in adsorption medium, the unadsorbed material was removed by centrifugation, and the cells were resuspended in water containing per liter 1 mM $MgSO_4$, 0.1 mM $CaCl_2$, and 0.1 gm. gelatin. This suspension was spun in a Waring

blendor (semimicro size) at 10,000 R.P.M. The suspension was cooled briefly in ice water at the end of each 60 second running period. Samples were removed at intervals, titrated (through antiphage serum) to measure the number of bacteria capable of yielding phage, and centrifuged to measure the proportion of isotope released from the cells.

The results of one experiment with each isotope are shown in Fig. 1. The data for S^{35} and survival of infected bacteria come from the same experiment, in which the ratio of added phage to bacteria was 0.28, and the concentrations

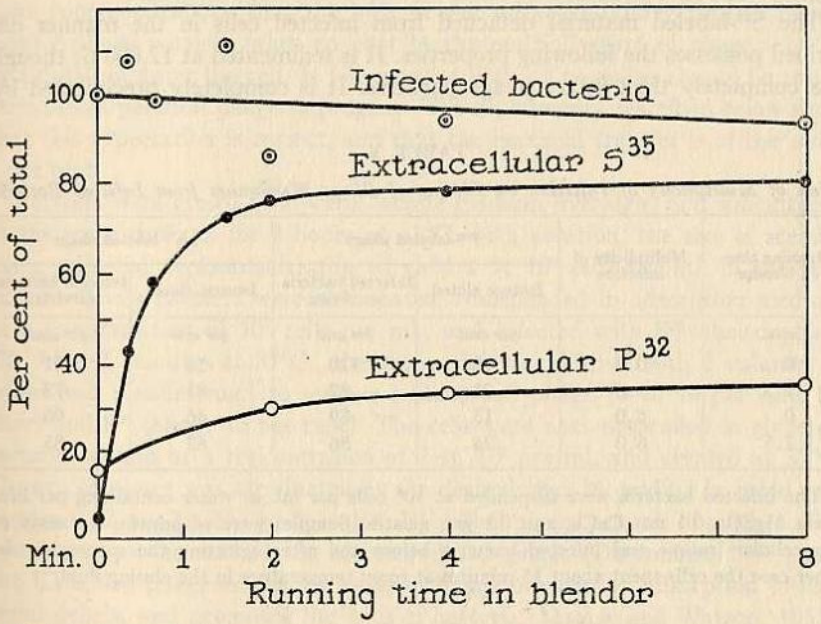


FIG. 1. Removal of S^{35} and P^{32} from bacteria infected with radioactive phage, and survival of the infected bacteria, during agitation in a Waring blendor.

of bacteria were 2.5×10^8 per ml. infected, and 9.7×10^8 per ml. total, by direct titration. The experiment with P^{32}-labeled phage was very similar. In connection with these results, it should be recalled that Anderson (1949) found that adsorption of phage to bacteria could be prevented by rapid stirring of the suspension.

At higher ratios of infection, considerable amounts of phage sulfur elute from the cells spontaneously under the conditions of these experiments, though the elution of P^{32} and the survival of infected cells are not affected by multiplicity of infection (Table V). This shows that there is a cooperative action among phage particles in producing alterations of the bacterial membrane which weaken the attachment of the phage. The cellular changes detected in

this way may be related to those responsible for the release of bacterial components from infected bacteria (Prater, 1951; Price, 1952).

A variant of the preceding experiments was designed to test bacteria at a later stage in the growth of phage. For this purpose infected cells were aerated in broth for 5 or 15 minutes, fixed by the addition of 0.5 per cent (*v/v*) commercial formalin, centrifuged, resuspended in 0.1 per cent formalin in water, and subsequently handled as described above. The results were very similar to those already presented, except that the release of P^{32} from the cells was slightly less, and titrations of infected cells could not be made.

The S^{35}-labeled material detached from infected cells in the manner described possesses the following properties. It is sedimented at 12,000 *G*, though less completely than intact phage particles. It is completely precipitated by

TABLE V

Effect of Multiplicity of Infection on Elution of Phage Membranes from Infected Bacteria

Running time in blendor	Multiplicity of infection	P^{32}-labeled phage		S^{35}-labeled phage	
		Isotope eluted	Infected bacteria surviving	Isotope eluted	Infected bacteria surviving
min.		*per cent*	*per cent*	*per cent*	*per cent*
0	0.6	10	120	16	101
2.5	0.6	21	82	81	78
0	6.0	13	89	46	90
2.5	6.0	24	86	82	85

The infected bacteria were suspended at 10^9 cells per ml. in water containing per liter 1 mM $MgSO_4$, 0.1 mM $CaCl_2$, and 0.1 gm. gelatin. Samples were withdrawn for assay of extracellular isotope and infected bacteria before and after agitating the suspension. In either case the cells spent about 15 minutes at room temperature in the eluting fluid.

antiphage serum in the presence of whole phage carrier. 40 to 50 per cent of it readsorbs to sensitive bacteria, almost independently of bacterial concentration between 2×10^8 and 10^9 cells per ml., in 5 minutes at 37°C. The adsorption is not very specific: 10 to 25 per cent adsorbs to phage-resistant bacteria under the same conditions. The adsorption requires salt, and for this reason the efficient removal of S^{35} from infected bacteria can be accomplished only in a fluid poor in electrolytes.

The results of these experiments may be summarized as follows:—

1. 75 to 80 per cent of the phage sulfur can be stripped from infected cells by violent agitation of the suspension. At high multiplicity of infection, nearly 50 per cent elutes spontaneously. The properties of the S^{35}-labeled material show that it consists of more or less intact phage membranes, most of which have lost the ability to attach specifically to bacteria.

2. The release of sulfur is accompanied by the release of only 21 to 35 per

cent of the phage phosphorus, half of which is given up without any mechanical agitation.

3. The treatment does not cause any appreciable inactivation of intracellular phage.

4. These facts show that the bulk of the phage sulfur remains at the cell surface during infection, and takes no part in the multiplication of intracellular phage. The bulk of the phage DNA, on the other hand, enters the cell soon after adsorption of phage to bacteria.

Transfer of Sulfur and Phosphorus from Parental Phage to Progeny.—We have concluded above that the bulk of the sulfur-containing protein of the resting phage particle takes no part in the multiplication of phage, and in fact does not enter the cell. It follows that little or no sulfur should be transferred from parental phage to progeny. The experiments described below show that this expectation is correct, and that the maximal transfer is of the order 1 per cent

Bacteria were grown in glycerol-lactate medium overnight and subcultured in the same medium for 2 hours at 37°C. with aeration, the size of seeding being adjusted nephelometrically to yield 2×10^8 cells per ml. in the subculture. These bacteria were sedimented, resuspended in adsorption medium at a concentration of 10^9 cells per ml., and infected with S^{35}-labeled phage T2. After 5 minutes at 37°C., the suspension was diluted with 2 volumes of water and resedimented to remove unadsorbed phage (5 to 10 per cent by titer) and S^{35} (about 15 per cent). The cells were next suspended in glycerol-lactate medium at a concentration of 2×10^8 per ml. and aerated at 37°C. Growth of phage was terminated at the desired time by adding in rapid succession 0.02 mM HCN and 2×10^{11} UV-killed phage per ml. of culture. The cyanide stops the maturation of intracellular phage (Doermann, 1948), and the UV-killed phage minimizes losses of phage progeny by adsorption to bacterial debris, and promotes the lysis of bacteria (Maaløe and Watson, 1951). As mentioned in another connection, and also noted in these experiments, the lysing phage must be closely related to the phage undergoing multiplication (*e.g.*, T2H, its *h* mutant, or T2L, but not T4 or T6, in this instance) in order to prevent inactivation of progeny by adsorption to bacterial debris.

To obtain what we shall call the maximal yield of phage, the lysing phage was added 25 minutes after placing the infected cells in the culture medium, and the cyanide was added at the end of the 2nd hour. Under these conditions, lysis of infected cells occurs rather slowly.

Aeration was interrupted when the cyanide was added, and the cultures were left overnight at 37°C. The lysates were then fractionated by centrifugation into an initial low speed sediment (2500 *G* for 20 minutes), a high speed supernatant (12,000 *G* for 30 minutes), a second low speed sediment obtained by recentrifuging in adsorption medium the resuspended high speed sediment, and the clarified high speed sediment.

The distribution of S^{35} and phage among fractions obtained from three cultures of this kind is shown in Table VI. The results are typical (except for the excessively good recoveries of phage and S^{35}) of lysates in broth as well as lysates in glycerol-lactate medium.

The striking result of this experiment is that the distribution of S^{35} among the fractions is the same for early lysates that do not contain phage progeny, and later ones that do. This suggests that little or no S^{35} is contained in the mature phage progeny. Further fractionation by adsorption to bacteria confirms this suggestion.

Adsorption mixtures prepared for this purpose contained about 5×10^9 heat-killed bacteria (70°C. for 10 minutes) from 18 hour broth cultures, and

TABLE VI

Per Cent Distributions of Phage and S^{35} among Centrifugally Separated Fractions of Lysates after Infection with S^{35}-Labeled T2

Fraction	Lysis at $t = 0$ S^{35}	Lysis at $t = 10$ S^{35}	Maximal yield	
			S^{35}	Phage
1st low speed sediment	79	81	82	19
2nd " " "	2.4	2.1	2.8	14
High speed "	8.6	6.9	7.1	61
" " supernatant	10	10	7.5	7.0
Recovery	100	100	96	100

Infection with S^{35}-labeled T2, 0.8 particles per bacterium. Lysing phage UV-killed *h* mutant of T2. Phage yields per infected bacterium: <0.1 after lysis at $t = 0$; 0.12 at $t = 10$; maximal yield 29. Recovery of S^{35} means per cent of adsorbed input recovered in the four fractions; recovery of phage means per cent of total phage yield (by plaque count before fractionation) recovered by titration of fractions.

about 10^{11} phage (UV-killed lysing phage plus test phage), per ml. of adsorption medium. After warming to 37°C. for 5 minutes, the mixtures were diluted with 2 volumes of water, and centrifuged. Assays were made from supernatants and from unwashed resuspended sediments.

The results of tests of adsorption of S^{35} and phage to bacteria (H) adsorbing both T2 progeny and *h*-mutant lysing phage, to bacteria (B/2) adsorbing lysing phage only, and to bacteria (B/2*h*) adsorbing neither, are shown in Table VII, together with parallel tests of authentic S^{35}-labeled phage.

The adsorption tests show that the S^{35} present in the seed phage is adsorbed with the specificity of the phage, but that S^{35} present in lysates of bacteria infected with this phage shows a more complicated behavior. It is strongly adsorbed to bacteria adsorbing both progeny and lysing phage. It is weakly adsorbed to bacteria adsorbing neither. It is moderately well adsorbed to bac-

teria adsorbing lysing phage but not phage progeny. The latter test shows that the S^{35} is not contained in the phage progeny, and explains the fact that the S^{35} in early lysates not containing progeny behaves in the same way.

The specificity of the adsorption of S^{35}-labeled material contaminating the phage progeny is evidently due to the lysing phage, which is also adsorbed much more strongly to strain H than to B/2, as shown both by the visible reduction in Tyndall scattering (due to the lysing phage) in the supernatants of the test mixtures, and by independent measurements. This conclusion is further confirmed by the following facts.

TABLE VII

Adsorption Tests with Uniformly S^{35}-Labeled Phage and with Products of Their Growth in Non-Radioactive Medium

Adsorbing bacteria	Per cent adsorbed				
	Uniformly labeled S^{35} phage		Products of lysis at $t = 10$	Phage progeny (Maximal yield)	
	+ UV-*h*	No UV-*h*			
	S^{35}	S^{35}	S^{35}	S^{35}	Phage
Sensitive (H)	84	86	79	78	96
Resistant (B/2)	15	11	46	49	10
Resistant (B/2*h*)	13	12	29	28	8

The uniformly labeled phage and the products of their growth are respectively the seed phage and the high speed sediment fractions from the experiment shown in Table VI.

The uniformly labeled phage is tested at a low ratio of phage to bacteria: +UV-*h* means with added UV-killed *h* mutant in equal concentration to that present in the other test materials.

The adsorption of phage is measured by plaque counts of supernatants, and also sediments in the case of the resistant bacteria, in the usual way.

1. If bacteria are infected with S^{35} phage, and then lysed near the midpoint of the latent period with cyanide alone (in salt-poor broth, to prevent readsorption of S^{35} to bacterial debris), the high speed sediment fraction contains S^{35} that is adsorbed weakly and non-specifically to bacteria.

2. If the lysing phage and the S^{35}-labeled infecting phage are the same (T2), or if the culture in salt-poor broth is allowed to lyse spontaneously (so that the yield of progeny is large), the S^{35} in the high speed sediment fraction is adsorbed with the specificity of the phage progeny (except for a weak nonspecific adsorption). This is illustrated in Table VII by the adsorption to H and B/2*h*.

It should be noted that a phage progeny grown from S^{35}-labeled phage and containing a larger or smaller amount of contaminating radioactivity could not be distinguished by any known method from authentic S^{35}-labeled phage,

except that a small amount of the contaminant could be removed by adsorption to bacteria resistant to the phage. In addition to the properties already mentioned, the contaminating S^{35} is completely precipitated with the phage by antiserum, and cannot be appreciably separated from the phage by further fractional sedimentation, at either high or low concentrations of electrolyte. On the other hand, the chemical contamination from this source would be very small in favorable circumstances, because the progeny of a single phage particle are numerous and the contaminant is evidently derived from the parents.

The properties of the S^{35}-labeled contaminant show that it consists of the remains of the coats of the parental phage particles, presumably identical with the material that can be removed from unlysed cells in the Waring blendor. The fact that it undergoes little chemical change is not surprising since it probably never enters the infected cell.

The properties described explain a mistaken preliminary report (Hershey *et al.*, 1951) of the transfer of S^{35} from parental to progeny phage.

It should be added that experiments identical to those shown in Tables VI and VII, but starting from phage labeled with P^{32}, show that phosphorus is transferred from parental to progeny phage to the extent of 30 per cent at yields of about 30 phage per infected bacterium, and that the P^{32} in prematurely lysed cultures is almost entirely non-sedimentable, becoming, in fact, acid-soluble on aging.

Similar measures of the transfer of P^{32} have been published by Putnam and Kozloff (1950) and others. Watson and Maaløe (1952) summarize this work, and report equal transfer (nearly 50 per cent) of phosphorus and adenine.

A Progeny of S^{35}-Labeled Phage Nearly Free from the Parental Label.—The following experiment shows clearly that the obligatory transfer of parental sulfur to offspring phage is less than 1 per cent, and probably considerably less. In this experiment, the phage yield from infected bacteria from which the S^{35}-labeled phage coats had been stripped in the Waring blendor was assayed directly for S^{35}.

Sensitive bacteria grown in broth were infected with five particles of S^{35}-labeled phage per bacterium, the high ratio of infection being necessary for purposes of assay. The infected bacteria were freed from unadsorbed phage and suspended in water containing per liter 1 mM $MgSO_4$, 0.1 mM $CaCl_2$, and 0.1 gm. gelatin. A sample of this suspension was agitated for 2.5 minutes in the Waring blendor, and centrifuged to remove the extracellular S^{35}. A second sample not run in the blendor was centrifuged at the same time. The cells from both samples were resuspended in warm salt-poor broth at a concentration of 10^8 bacteria per ml., and aerated for 80 minutes. The cultures were then lysed by the addition of 0.02 mM HCN, 2×10^{11} UV-killed T2, and 6 mg. NaCl per ml. of culture. The addition of salt at this point causes S^{35} that would otherwise be eluted (Hershey *et al.*, 1951) to remain attached to the

bacterial debris. The lysates were fractionated and assayed as described previously, with the results shown in Table VIII.

The data show that stripping reduces more or less proportionately the S^{35}-content of all fractions. In particular, the S^{35}-content of the fraction containing most of the phage progeny is reduced from nearly 10 per cent to less than 1 per cent of the initially adsorbed isotope. This experiment shows that the bulk of the S^{35} appearing in all lysate fractions is derived from the remains of the coats of the parental phage particles.

Properties of Phage Inactivated by Formaldehyde.—Phage T2 warmed for 1 hour at 37°C. in adsorption medium containing 0.1 per cent (*v/v*) commercial formalin (35 per cent HCHO), and then dialyzed free from formalde-

TABLE VIII

Lysates of Bacteria Infected with S^{35}-Labeled T2 and Stripped in the Waring Blendor

Per cent of adsorbed S^{35} or of phage yield:	Cells stripped		Cells not stripped	
	S^{35}	Phage	S^{35}	Phage
Eluted in blendor fluid	86	—	39	—
1st low-speed sediment	3.8	9.3	31	13
2nd " " "	(0.2)	11	2.7	11
High-speed "	(0.7)	58	9.4	89
" " supernatant	(2.0)	1.1	(1.7)	1.6
Recovery	93	79	84	115

All the input bacteria were recovered in assays of infected cells made during the latent period of both cultures. The phage yields were 270 (stripped cells) and 200 per bacterium, assayed before fractionation. Figures in parentheses were obtained from counting rates close to background.

hyde, shows a reduction in plaque titer by a factor 1000 or more. Inactivated phage of this kind possesses the following properties.

1. It is adsorbed to sensitive bacteria (as measured by either S^{35} or P^{32} labels), to the extent of about 70 per cent.

2. The adsorbed phage kills bacteria with an efficiency of about 35 per cent compared with the original phage stock.

3. The DNA of the inactive particles is resistant to DNase, but is made sensitive by osmotic shock.

4. The DNA of the inactive particles is not sensitized to DNase by adsorption to heat-killed bacteria, nor is it released into solution by adsorption to bacterial debris.

5. 70 per cent of the adsorbed phage DNA can be detached from infected cells spun in the Waring blendor. The detached DNA is almost entirely resistant to DNase.

These properties show that T2 inactivated by formaldehyde is largely incapable of injecting its DNA into the cells to which it attaches. Its behavior in the experiments outlined gives strong support to our interpretation of the corresponding experiments with active phage.

DISCUSSION

We have shown that when a particle of bacteriophage T2 attaches to a bacterial cell, most of the phage DNA enters the cell, and a residue containing at least 80 per cent of the sulfur-containing protein of the phage remains at the cell surface. This residue consists of the material forming the protective membrane of the resting phage particle, and it plays no further role in infection after the attachment of phage to bacterium.

These facts leave in question the possible function of the 20 per cent of sulfur-containing protein that may or may not enter the cell. We find that little or none of it is incorporated into the progeny of the infecting particle, and that at least part of it consists of additional material resembling the residue that can be shown to remain extracellular. Phosphorus and adenine (Watson and Maaløe, 1952) derived from the DNA of the infecting particle, on the other hand, are transferred to the phage progeny to a considerable and equal extent. We infer that sulfur-containing protein has no function in phage multiplication, and that DNA has some function.

It must be recalled that the following questions remain unanswered. (1) Does any sulfur-free phage material other than DNA enter the cell? (2) If so, is it transferred to the phage progeny? (3) Is the transfer of phosphorus (or hypothetical other substance) to progeny direct—that is, does it remain at all times in a form specifically identifiable as phage substance—or indirect?

Our experiments show clearly that a physical separation of the phage T2 into genetic and non-genetic parts is possible. A corresponding functional separation is seen in the partial independence of phenotype and genotype in the same phage (Novick and Szilard, 1951; Hershey *et al.*, 1951). The chemical identification of the genetic part must wait, however, until some of the questions asked above have been answered.

Two facts of significance for the immunologic method of attack on problems of viral growth should be emphasized here. First, the principal antigen of the infecting particles of phage T2 persists unchanged in infected cells. Second, it remains attached to the bacterial debris resulting from lysis of the cells. These possibilities seem to have been overlooked in a study by Rountree (1951) of viral antigens during the growth of phage T5.

SUMMARY

1. Osmotic shock disrupts particles of phage T2 into material containing nearly all the phage sulfur in a form precipitable by antiphage serum, and capable of specific adsorption to bacteria. It releases into solution nearly all

the phage DNA in a form not precipitable by antiserum and not adsorbable to bacteria. The sulfur-containing protein of the phage particle evidently makes up a membrane that protects the phage DNA from DNase, comprises the sole or principal antigenic material, and is responsible for attachment of the virus to bacteria.

2. Adsorption of T2 to heat-killed bacteria, and heating or alternate freezing and thawing of infected cells, sensitize the DNA of the adsorbed phage to DNase. These treatments have little or no sensitizing effect on unadsorbed phage. Neither heating nor freezing and thawing releases the phage DNA from infected cells, although other cell constituents can be extracted by these methods. These facts suggest that the phage DNA forms part of an organized intracellular structure throughout the period of phage growth.

3. Adsorption of phage T2 to bacterial debris causes part of the phage DNA to appear in solution, leaving the phage sulfur attached to the debris. Another part of the phage DNA, corresponding roughly to the remaining half of the DNA of the inactivated phage, remains attached to the debris but can be separated from it by DNase. Phage T4 behaves similarly, although the two phages can be shown to attach to different combining sites. The inactivation of phage by bacterial debris is evidently accompanied by the rupture of the viral membrane.

4. Suspensions of infected cells agitated in a Waring blendor release 75 per cent of the phage sulfur and only 15 per cent of the phage phosphorus to the solution as a result of the applied shearing force. The cells remain capable of yielding phage progeny.

5. The facts stated show that most of the phage sulfur remains at the cell surface and most of the phage DNA enters the cell on infection. Whether sulfur-free material other than DNA enters the cell has not been determined. The properties of the sulfur-containing residue identify it as essentially unchanged membranes of the phage particles. All types of evidence show that the passage of phage DNA into the cell occurs in non-nutrient medium under conditions in which other known steps in viral growth do not occur.

6. The phage progeny yielded by bacteria infected with phage labeled with radioactive sulfur contain less than 1 per cent of the parental radioactivity. The progeny of phage particles labeled with radioactive phosphorus contain 30 per cent or more of the parental phosphorus.

7. Phage inactivated by dilute formaldehyde is capable of adsorbing to bacteria, but does not release its DNA to the cell. This shows that the interaction between phage and bacterium resulting in release of the phage DNA from its protective membrane depends on labile components of the phage particle. By contrast, the components of the bacterium essential to this interaction are remarkably stable. The nature of the interaction is otherwise unknown.

8. The sulfur-containing protein of resting phage particles is confined to a

protective coat that is responsible for the adsorption to bacteria, and functions as an instrument for the injection of the phage DNA into the cell. This protein probably has no function in the growth of intracellular phage. The DNA has some function. Further chemical inferences should not be drawn from the experiments presented.

REFERENCES

Anderson, T. F., 1949, The reactions of bacterial viruses with their host cells, *Bot. Rev.*, **15**, 464.

Anderson, T. F., 1951, *Tr. New York Acad. Sc.*, **13**, 130.

Anderson, T. F., and Doermann, A. H., 1952, *J. Gen. Physiol.*, **35**, 657.

Benzer, S., 1952, *J. Bact.*, **63**, 59.

Doermann, A. H., 1948, *Carnegie Institution of Washington Yearbook, No. 47*, 176.

Doermann, A. H., and Dissosway, C., 1949, *Carnegie Institution of Washington Yearbook, No. 48*, 170.

Dulbecco, R., 1952, *J. Bact.*, **63**, 209.

Herriott, R. M., 1951, *J. Bact.*, **61**, 752.

Hershey, A. D., 1946, *Genetics*, **31**, 620.

Hershey, A. D., Roesel, C., Chase, M., and Forman, S., 1951, *Carnegie Institution of Washington Yearbook, No. 50*, 195.

Lwoff, A., and Gutmann, A., 1950, *Ann. Inst. Pasteur*, **78**, 711.

Maaløe, O., and Watson, J. D., 1951, *Proc. Nat. Acad. Sc.*, **37**, 507.

Novick, A., and Szilard, L., 1951, *Science*, **113**, 34.

Prater, C. D., 1951, Thesis, University of Pennsylvania.

Price, W. H., 1952, *J. Gen. Physiol.*, **35**, 409.

Putnam, F. W., and Kozloff, L.,1950, *J. Biol. Chem.*, **182**, 243.

Rountree, P. M., 1951, *Brit. J. Exp. Path.*, **32**, 341.

Watson, J. D., and Maaløe, O., 1952, *Acta path. et microbiol. scand.*, in press.