

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO
MESTRADO EM EDUCAÇÃO
LINHA DE INVESTIGAÇÃO EDUCAÇÃO E CIÊNCIA

O ENSINO DO SISTEMA IMUNOLÓGICO: DA METÁFORA À ANALOGIA DA GUERRA

BEATRICE LONDERO DE ANDRADE

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Educação, como requisito parcial
para a obtenção do grau de Mestre
em Educação.

Orientadora: Nadir Ferrari

Co-Orientador: Arden Zylbersztajn

Florianópolis, fevereiro de 2001



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
CURSO DE MESTRADO EM EDUCAÇÃO

**“O ENSINO DO SISTEMA IMUNOLÓGICO: DA METÁFORA À
ANALOGIA DA GUERRA”**

Dissertação submetida ao Colegiado do
Curso de Mestrado em Educação do Centro
de Ciências da Educação em cumprimento
parcial para a obtenção do título de Mestre
em Educação.

APROVADO PELA COMISSÃO EXAMINADORA em 16/02/2001

Dra. Nadir Ferrari-Orientadora/UFSC

Dr. Arden Zylbersztajn-Co-orientador/UFSC

Dra. Sylvia Regina Pedrosa Maestrelli-Examinadora/UFSC

Dr. Paulo Roberto Petersen Hofmann-Examinador/UFSC

Dr. José de Pinho Alves Filho-Suplente/UFSC

**Prof. Dr. Lucídio Bianchetti
Coordenador do PPGE/CED/UFSC**

Beatrice Londero Andrade

A Alkindar Clós Filho
meu companheiro, por me entender e
incentivar todos esses anos.

A Thessaly de Andrade Clós
minha filha, amor e razão da minha vida,
pela sua compreensão.

AGRADECIMENTOS

Ao meu pai Jossias, minha mãe Bete e meus irmãos Lise e Rodrigo, por “segurar a barra” durante os meus estudos e por serem os pais da minha filha enquanto eu “lutava” para chegar até aqui.

Ao pessoal do NEC/UFSM, especialmente a Deisi e ao Terrazzan, por terem acreditado em mim e proporcionado oportunidade de iniciar no campo da pesquisa em educação.

A professora Iliada, por sua gentileza ao revisar os conceitos referentes ao sistema imunológico.

Aos meus amigos Lourdes e Fernando, pela força nas horas difíceis.

Aos meus orientadores, Nadir e Arden, pela excelente orientação na elaboração deste trabalho e pelo respeito com que fui tratada por estes grandes pesquisadores.

Ao PPGE/UFSC, especialmente a Edel, pelo empenho e apoio na solução de problemas.

A CAPES, pela concessão da bolsa de mestrado, o que permitiu um bom desenvolvimento deste trabalho.

A esta cidade maravilhosa, que me acolheu e conquistou com sua beleza.

A todos, muito obrigada...

ÍNDICE

RESUMO

ABSTRACT

APRESENTAÇÃO 10

CAPÍTULO I

MODELOS ANALOGIAS E METÁFORAS NO ENSINO DE CIÊNCIAS 13

I.1 O papel dos modelos, analogias e metáforas na explicação científica 13

I.2 As analogias e metáforas no ensino de ciências 16

I.3 O Modelo de Ensino com Analogias (Teaching-With-Analogies Model – TWA) .. 25

I.4 As analogias e metáforas à luz da epistemologia bachelardiana 29

CAPÍTULO II

A IMUNOLOGIA E A METÁFORA DA GUERRA NA CONSTRUÇÃO

DE UM CONCEITO CIENTÍFICO 40

II.1 A origem da imunologia 40

II.2 A metáfora da guerra na construção do conhecimento imunológico 41

II.3 O conhecimento atual sobre imunologia 49

II.4 A utilização da metáfora da guerra na imunologia atual 63

CAPÍTULO III

O SISTEMA IMUNOLÓGICO E A METÁFORA DA GUERRA NOS LIVROS

DIDÁTICOS	65
III.1 Caracterização do instrumento de pesquisa e da amostra estudada	65
III.2 Análise dos livros didáticos de ensino fundamental	68
III.3 Análise dos livros didáticos de ensino médio	79

CAPÍTULO IV

O QUE OS PROFESSORES DIZEM SOBRE O ESTUDO DA IMUNOLOGIA

E A METÁFORA DA GUERRA	87
IV.1 Caracterização do instrumento de pesquisa e da amostra estudada	87
IV.2 Resultados obtidos com as entrevistas	92
IV.2.1 O estudo do sistema imunológico: opiniões a partir de um texto escolhido	92
IV.2.2 A metáfora da guerra na opinião dos professores	104
IV.3 Síntese da análise dos resultados	128

CAPÍTULO V

PROPOSTA PARA O ENSINO DO SISTEMA IMUNOLÓGICO NO NÍVEL

FUNDAMENTAL	133
V.1 A metáfora da guerra e os obstáculos pedagógicos	133
V.2 O Modelo TWA e o ensino do sistema imunológico	136
Figura A	145
CONSIDERAÇÕES FINAIS	146
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	148
ANEXOS	150

RESUMO

O objetivo deste trabalho é investigar até que ponto, com relação ao estudo do sistema imunológico, a preocupação bachelardiana a respeito da utilização de analogias e metáforas na ciência se confirma no contexto educacional.

Para isso, nos propusemos verificar a utilização da metáfora da guerra na apresentação do sistema imunológico nos livros didáticos de ensino fundamental e médio, utilizados nas escolas de Florianópolis/SC, bem como verificar, junto aos professores, a forma de abordagem concebida por eles na apresentação desse assunto, observando a utilização da metáfora da guerra. Empregamos como instrumentos de pesquisa a análise documental e a entrevista semi-estruturada. Um capítulo extraído de um livro didático de ciências serviu como base para a entrevista.

Na análise dos livros didáticos, percebemos que o sistema imunológico geralmente é trabalhado de forma fragmentada no ensino fundamental e médio, não sendo possível ao aluno uma visão do funcionamento do sistema como um todo, ficando somente nos conceitos básicos e amplamente metafóricos. Detectamos também que, tanto os autores dos livros didáticos analisados quanto os professores entrevistados utilizam a metáfora da guerra na explicação do sistema imunológico. Esta utilização é feita de forma não sistematizada, sem explicitar a utilização da metáfora da guerra como recurso didático e sem desenvolver as relações analógicas presentes entre o sistema imunológico e a situação de guerra.

No capítulo final propusemos uma abordagem sistematizada para o ensino do sistema imunológico, com o objetivo desenvolver as relações analógicas implícitas na metáfora da guerra. Esta abordagem partiu de uma atividade preexistente que foi adequada aos passos do Modelo TWA e serve como uma alternativa para o ensino do sistema imunológico no ensino fundamental.

ABSTRACT

The objective of this work is to investigate to what extent, with relationship to the study of the immunological system, the concern bachelardian regarding the use of analogies and metaphors in the science is confirmed in the educational context.

For that, we intended verify the use of the metaphor of the war in the presentation of the immunological system in the didactic books of fundamental and medium teaching, used in the schools of Florianópolis/SC, as well as verify, close to the teachers, the approach form conceived by them in the presentation of that subject, observing the use of the metaphor of the war. We used as research instruments the documental analysis and the interview semi structured. An extracted chapter of a didactic book of sciences was good as base for the interview.

In the analysis of the didactic books, we noticed that the immunological system is generally worked in way broken into fragments in the fundamental and medium teaching, not being possible to the student a vision of the operation of the system as a whole, being only in the basic and thoroughly metaphoric concepts. We also detected that, so much the authors of the analyzed didactic books as the teachers interviewees, use the metaphor of the war in the explanation of the immunological system. This use is made in a not systematized way, without explicitar the use of the metaphor of the war as didactic resource and without developing the present analogical relationships between the immunological system and the war situation.

In the final chapter we proposed an abordagem systematized for the teaching of the immunological system, with the objective to develop the implicit analogical relationships in the metaphor of the war. This approach left of an activity preexistent that was adapted to TWA Model steps and it is good as an alternative for the teaching of the immunological system in the fundamental teaching.

APRESENTAÇÃO

Esta pesquisa é fruto das preocupações e inquietações provocadas pelo trabalho na área de pesquisa em educação, com a qual tomei contato ainda na graduação, como bolsista de iniciação científica no Núcleo de Educação em Ciências da Universidade Federal de Santa Maria/RS. Naquela oportunidade, participei de um grupo de pesquisa na área de modelos, analogias e metáforas no ensino de ciências. Verificamos, com esta pesquisa, uma grande utilização desses recursos nos livros didáticos de ensino médio e detectamos uma notável falta de sistematização dessa utilização por parte dos autores desses livros didáticos.

A tendência geral dos estudos nesta área é destacar as contribuições positivas que as figuras de linguagem podem ter no ensino. Estas contribuições se devem principalmente às suas funções: (i) *explicativa-descritiva*: quando estas são utilizadas para explicar ou descrever conceitos complexos ou abstratos em termos de outros mais facilmente compreensíveis pelos alunos; (ii) *interpretativa*: quando são utilizadas na construção dos conceitos pela ciência ou na mediação entre a linguagem e os conceitos de um dado tópico em estudo. Apesar dos trabalhos apontarem também para as dificuldades e perigos do uso indiscriminado e descuidado das analogias e metáforas, esta mensagem não aparece com a devida força.

Um autor que levanta a questão dos perigos inerentes à linguagem metafórica e que merece uma reflexão de alerta é Bachelard (1996) que, no seu livro "*A formação do espírito científico*" cuja edição original data de 1938, chama atenção para os obstáculos epistemológicos e pedagógicos advindos da utilização de analogias e metáforas, e para os conhecimentos prévios que seriam reforçados por este tipo de linguagem, dificultando a aceitação do conhecimento científico e impedindo o conhecimento objetivo da realidade.

Podemos observar que, no processo de construção das teorias científicas ao longo da história, os cientistas têm se utilizado de analogias e metáforas para explicar suas descobertas/construções nas áreas mais variadas da ciência.

A imunologia é uma ciência que sempre recorreu à utilização da linguagem metafórica, tanto que esse tipo de linguagem esteve presente desde a construção da teoria imunológica, nos anos 1890, e permanece a ela associada até hoje, tanto na linguagem científica quanto nos textos didáticos, motivo que despertou meu interesse para a pesquisa sobre esse assunto. Palavras como “ataque”, “defesa”, “invasão”, típicas de situações de guerra, foram incorporadas ao vocabulário explicativo destes campos, sendo comuns nos textos de ciências e biologia do ensino fundamental e médio, bem como em textos de divulgação científica e livros destinados ao ensino superior.

Esta linguagem metafórica, utilizada com o objetivo de explicar o funcionamento do desconhecido (mecanismo de ação do sistema imunológico em resposta a agentes patogênicos), através do conhecido (situações de “ataque” e “defesa” relacionadas à guerra), se não for usada com cuidados, pode, segundo Bachelard (1996), reforçar obstáculos epistemológicos de natureza antropomórfica e animista, por produzir concepções indesejadas ou, conforme Santos (1991), uma autora fortemente embasada nos trabalhos de Bachelard, induzir à formação ou reforço de concepções alternativas.

Outra possibilidade, não excludente em relação à primeira, a ser considerada é que as metáforas usadas podem deixar de ser ferramentas auxiliares, úteis para promover uma melhor visualização de conceitos desconhecidos pelos alunos, e passarem a ser usadas como termos “explicativos” que “substituem” o próprio mecanismo biológico e bioquímico do organismo frente à presença e atuação dos patógenos sobre o organismo.

As considerações acima apresentadas definem o problema de estudo deste trabalho, sendo que o objetivo principal consiste em investigar até que ponto, com relação ao estudo do sistema imunológico, a preocupação bachelardiana a respeito da utilização de analogias e metáforas na ciência e a possibilidade de encobrimento de mecanismos explicativos pelas analogias e metáforas, que neste caso se tornariam encobridoras e não desveladoras de processos biológicos, se confirmam no contexto educacional.

Para isso, nos propusemos verificar a utilização da metáfora da guerra na apresentação do sistema imunológico nos livros didáticos de ensino fundamental e médio, utilizados nas escolas de Florianópolis/SC, bem como verificar junto aos professores,

através de entrevistas, a forma de abordagem concebida por eles na apresentação dos mecanismos imunológicos do organismo, observando a utilização da metáfora da guerra e a sua opinião a respeito dessa utilização nos livros didáticos.

No primeiro capítulo, faremos um estudo a respeito da utilização de modelos, analogias e metáforas no ensino de ciências e na explicação científica, incorporando as críticas de Bachelard à utilização desses recursos e apresentando um modelo de ensino com analogias, o modelo TWA (Teaching-With-Analogies), que servirá de base para a análise dos livros didáticos.

No segundo capítulo faremos um breve relato histórico da origem da imunologia e da utilização da metáfora da guerra na construção do conhecimento imunológico. Faremos também um breve resumo do conhecimento atual da área.

O terceiro capítulo será destinado à análise da apresentação do sistema imunológico nos livros didáticos de ensino fundamental e médio. Serão verificados o conteúdo da imunologia presente nesses livros, e a utilização da metáfora da guerra nessa apresentação. Para a análise da metáfora da guerra nos livros, utilizaremos como base o modelo TWA (Teaching – With – Analogies).

No quarto capítulo apresentaremos a análise das entrevistas feitas com professores, baseada em suas opiniões a respeito da apresentação do sistema imunológico, da utilização da metáfora da guerra e também da utilização desse recurso nas aulas de ciências.

No quinto capítulo faremos uma proposição para o ensino da imunologia com a aplicação do modelo TWA, como uma forma de sistematização para a utilização da metáfora da guerra nos livros didáticos e pelos professores, visando articular os dados obtidos com a análise dos livros didáticos e as opiniões dos professores, a respeito da metáfora da guerra. Neste capítulo também faremos a análise da metáfora da guerra com relação às observações de Bachelard, a respeito dos obstáculos epistemológicos e pedagógicos derivados da utilização de analogias e metáforas no ensino de ciências.

Nas considerações finais, apresentaremos as conclusões e as perspectivas para uma futura continuação deste trabalho.

Capítulo I

MODELOS, ANALOGIAS E METÁFORAS NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Neste capítulo discutiremos o papel dos modelos, analogias e metáforas no ensino de ciências, enfocando a função dessa forma de linguagem na explicação e na construção de teorias científicas e a necessidade de cuidados na utilização de analogias na ciência. Apresentaremos também o modelo de ensino com analogias, que servirá como base para nossa análise da utilização da metáfora da guerra nos livros didáticos, indicando este modelo como uma forma de sistematização para esta utilização.

I.1 O PAPEL DOS MODELOS, ANALOGIAS E METÁFORAS NA EXPLICAÇÃO CIENTÍFICA

Harré (1984) discute as teorias (produtos arquetípicos da atividade intelectual), os modelos e as analogias utilizadas nas explicações das coisas da natureza (teorias científicas). Destacaremos principalmente as observações feitas por Harré a respeito do conceito de vírus, considerado por ele como uma teoria realista, pois neste caso os enunciados teóricos se referem de fato às coisas reais, coisas cuja existência acaba por ser demonstrada.

O conceito de vírus, segundo Harré, foi construído a partir de uma analogia com um conceito mais familiar, o de bactérias que, como os vírus, são causadoras de diversas doenças. Para este autor, a teoria viral da doença apresentou uma entidade que não era observável ao ser proposta pela primeira vez e que alegadamente provocava os fenômenos observados, mas que não podia ser abolida da teoria sem que isto implicasse em concepções de doença, de cura, etc., radicalmente distintas.

Para a patologia,

“sem o conceito de vírus, na sua qualidade de microorganismo, teria de ser bastante diferente toda a teoria da transmissão da doença e da causa de uma larga gama de enfermidades. A teoria (viral) é parte essencial do entendimento das observações. Uma coisa é a descrição da doença e outra completamente diferente a sua patologia”. (Harré, 1984, p.198)

Harré considera que a origem dos conceitos no interior das teorias, em geral, se deve às entidades hipotéticas que constituem os mecanismos causais, objeto de explicações científicas, que não se descobrem de início por meio de observações. Os referidos mecanismos são de início apenas imaginados, e os respectivos atributos lhe são conferidos por analogia com entidades já conhecidas, quer por observação, quer de acordo com outras entidades hipotéticas presentes em outras explicações.

Uma analogia, segundo Harré, é;

“uma relação entre duas entidades, entre dois processos ou entre seja o que for que permita que se façam inferências acerca de uma das coisas, em regra aquela que menos se conhece, a partir daquilo que se sabe acerca da outra. Com efeito se duas coisas são iguais em determinados aspectos, é razoável esperar-se que o sejam também em outros, muito embora possam ainda existir mais facetas em que as duas difiram. Em geral há semelhanças e dissemelhanças entre duas coisas. A arte do emprego de analogias consiste em saber contrabalançar o que se conhece das semelhanças com o que se sabe das diferenças entre as duas coisas e, de posse deste equilíbrio, fazer inferência quanto àquilo a que se dá o nome de ‘analogia neutra’.” (Harré, 1984, p.201)

Analogia neutra é o que se desconhece, ou seja, são os atributos das duas entidades que compõem a analogia, sobre os quais não se dispõe de informação quanto a empareirarem-se analogicamente. A falta de conhecimentos a respeito dos verdadeiros mecanismos que atuam na natureza é superada pela formulação de analogias com mecanismos conhecidos, que existirão porventura na natureza e serão responsáveis pelos fenômenos observados.

Para Harré, os modelos são *“alguma coisa ou processo real ou imaginário, que se comporta de maneira semelhante a outras coisas ou processos, ou que lhes são semelhantes em outros aspectos que não o comportamento”* (p.203) e sua função na ciência é aumentar o discernimento de coisas ou processos.

Quando encaramos o modelo de uma coisa qualquer que procuramos compreender, o que é revelado é apenas a analogia neutra (o que se desconhece) e a analogia positiva (as características semelhantes). Assim, o fato do modelo ser modelado em uma coisa com a qual tenha, além de uma analogia positiva e neutra, também uma forte analogia negativa é

um fato inconseqüente, pois fica apenas que o modelo exprime o conceito de um novo tipo de entidade ou processo, diferente daquele que foi modelado. Então à medida que se torna cada vez mais refinado o modelo de um dado processo, mecanismo ou substância responsável pelo fenômeno em estudo, surge gradualmente um novo problema. Durante o refinamento do modelo, a preocupação é de ajustar o nosso modelo de modo a que ele se comporte de maneira a dar conta do fenômeno. Aos poucos, somos levados a considerar o problema da realidade daquilo que, até essa altura, funcionou apenas como modelo do verdadeiro mecanismo existente na natureza. Dessa forma *“diremos então para nós próprios que talvez as moléculas de gás não sejam os modelos do desconhecido mecanismo de comportamento dos gases, que talvez existam de fato moléculas de gás e que talvez os gases nada mais sejam do que aglomerados dessas entidades”* (Harré, 1984, p. 25).

Concluindo, Harré ressalta que, para se explicar um fenômeno ou uma característica dos acontecimentos, é necessário saber descrever o mecanismo causal por ele responsável, isto é, a teoria deverá descrever aquilo que é de fato responsável pelo processo que se procura compreender, só que isso raramente é atingido. Portanto, na prática, em termos ideais, a teoria terá a descrição de um modelo plausível, modelado numa coisa, substância ou processo já inteiramente compreendidos, tomados como modelo de um mecanismo desconhecido, capaz de o representar em todas as circunstâncias. Por fim, no ideal de explanação de um modelo, o modelo perfeito será aquele que permitir não só o raciocínio nos moldes da estrutura da analogia, como será também concebido de modo a cifrar-se no mecanismo hipotético efetivamente responsável pelo fenômeno a explicar.

Se existe um relativo consenso quanto ao papel fundamental cumprido pelo raciocínio analógico na produção do conhecimento científico, a questão é mais controversa no que diz respeito às metáforas. Segundo Holanda (1986):

“Uma metáfora é uma figura de linguagem que consiste na transferência de uma palavra para um âmbito semântico que não aquele do objeto que ela designa, baseada em uma relação implícita de similaridade entre os sentidos literal e figurado.”

Para Rocha e El-Hani (1996), apesar de nos últimos 30 anos ter havido um aumento considerável na bibliografia sobre metáforas, não existe concordância geral quanto ao seu papel na produção do conhecimento científico, havendo tanto quem as considere de importância apenas na divulgação do conhecimento e nas ciências não maduras, como quem as veja como elemento indispensável na teorização científica. Para estes últimos as

metáforas são freqüentemente empregadas em disciplinas teoricamente bem desenvolvidas, como por exemplo a biologia evolucionária: guiando a proposição de questões de pesquisa e a integração de dados em quadros mais amplos; facilitando a apresentação de conjecturas sobre problemas complexos; tornando mais eficiente a comunicação entre pesquisadores e freqüentemente tornando-se o jargão de um campo de conhecimento.

No entanto, como advertem Rocha e El-Hani, as metáforas podem causar problemas quando são reificadas, isto é, interpretadas no sentido literal:

“O problema da reificação pode ser exemplificado pela referência à seleção natural como sendo o agente da mudança evolutiva, isto é, como uma força com existência objetiva e que age como o sujeito da mudança gradual e contínua da composição genética das populações. No entanto, a seleção natural é uma dedução lógica, inferida de ‘fatos’ concernentes ao potencial reprodutivo das populações, à estabilidade numérica da população, à limitação de recursos naturais e à variação fenotípica e a conseqüente variação herdada na adaptação dos organismos. Portanto, a seleção natural, como inferência lógica, nada mais é do que um conceito, e não pode ser considerada como agente da mudança evolutiva.” (Rocha e El-Hani, 1996, p.18-19)

I.2 AS ANALOGIAS E METÁFORAS NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Duit (1991) ressalta a necessidade de se ter muito cuidado quando se compara o que é dito na literatura sobre analogias e metáforas, pois diferentes autores usualmente têm diferentes conceitos em mente quando empregam estes termos. Tendo isso em vista, faremos um esboço do significado adotado no decorrer do nosso trabalho para os termos analogia e metáfora, com o objetivo de esclarecer como esses conceitos serão utilizados, baseados em Perelman (1987) e Duit (1991). Apresentaremos também algumas vantagens e desvantagens apresentadas por Duit a respeito da utilização deste tipo de linguagem no ensino de ciências.

Distinção entre analogia e metáfora

Para Perelman (1987), as metáforas são analogias condensadas e não podem ser compreendidas se não se completar a analogia. Assim, para que uma relação metafórica possa ser explicitada, é necessário que seja transformada em analogia mediante a introdução dos termos que aí faltam. Diz que a metáfora é menos precisa do que a analogia. Sua ambiguidade faz com que exerça um efeito mais poderoso na imaginação das pessoas e, por isso, a considera menos recomendável do que a analogia para a comunicação de idéias.

No caso da imunologia, há uma relação metafórica entre o funcionamento do sistema imunológico e uma situação de guerra. Por exemplo, é muito comum nos livros didáticos a utilização de expressões metafóricas como “sistema de defesa”, para denominar o sistema imunológico ou “os glóbulos brancos combatem os agentes invasores”, para explicar a ação do glóbulo branco ao entrar em contato com o patógeno. Essa metáfora somente será esclarecida quando as relações analógicas, feitas entre os componentes do sistema imunológico e da situação de guerra, forem desenvolvidas.

É essa explicitação da analogia presente na metáfora da guerra que falta aos livros didáticos. Os autores simplesmente apresentam a metáfora da guerra, que fica subentendida e muitas vezes tomada literalmente, e não desenvolvem as relações analógicas de uma forma que os alunos consigam compreendê-la (a metáfora) como sendo um recurso didático.

Como diz Perelman, a metáfora é menos recomendável para a comunicação de idéias, como é o caso do livro didático, justamente por apresentar uma relação ambígua. Daí a importância de se sistematizar a utilização desses recursos. A metáfora da guerra pode ser melhor aproveitada se a analogia presente entre ela e o sistema imunológico for melhor explicitada com a utilização de modelos de ensino com analogias como, por exemplo, o Modelo TWA proposto por Glynn em 1991.

Analogias, metáforas e modelos

Uma analogia é, para Duit (1991), a relação entre partes de estruturas de dois domínios. Ela pode ser vista como o estabelecimento de comparações baseadas em similaridades entre estruturas de dois domínios: o *análogo*, que funciona como uma base num processo de ensino-aprendizagem, e o *alvo*, que é explicado ou ensinado por subordinação à analogia. O simples estabelecimento de comparação, apontando somente

algumas similaridades superficiais, não é visto como analogia, mas muitas comparações simples podem ser desenvolvidas dentro de analogias.

A relação analógica é simétrica (i.e., análogo e alvo podem mudar de papel) pois se baseia em identidades entre partes de estruturas. Contudo, os termos análogo e alvo não indicam um tipo de hierarquia lógica, eles são termos que indicam o propósito do uso da analogia. Em cada uso de analogias, análogo e alvo são desenvolvidos e aprender a “ver” o alvo a partir da perspectiva do análogo também pode proporcionar novas visões do último.

As metáforas, para Duit, são comparações feitas não explicitamente, tendo as bases de comparação escondidas, isto é, a característica que é comparada não é explicitada. Elas sempre têm algum aspecto de surpresa e provocam anomalias (irregularidades). Neste sentido as metáforas são comparações onde a base de comparação pode ser revelada ou igualmente criada pelo destinatário da metáfora. Muitas analogias têm alguns aspectos em comum com as metáforas e parece ser de grande vantagem o emprego destes aspectos no processo de ensino. Eles podem motivar os estudantes por apontar algumas anomalias ou causar surpresas. Uma declaração metafórica pode provocar o pensamento dos estudantes, por seu significado aparentemente paradoxal, e a utilização destes aspectos pode ser útil para os estudantes descobrirem de que modo isso faz sentido.

As analogias e as metáforas expressam comparações e salientam similaridades, mas fazem isto de maneiras diferentes. Uma analogia compara explicitamente as estruturas de dois domínios, ela identifica as partes das estruturas. Uma metáfora compara implicitamente. Analogias e metáforas podem, por esta razão, serem vistas como polaridades, as quais, a princípio, podem ser transformadas uma na outra, isto é, analogias podem ser vistas como metáforas e metáforas como analogias.

Segundo Duit, o termo modelo é utilizado com diferentes sentidos por diversos autores, mas estes parecem concordar que os modelos, como as analogias, fazem o mapeamento entre estruturas de diferentes domínios. Os modelos usualmente representam partes de estruturas do domínio alvo e podem produzir analogias. É a relação analógica que caracteriza um modelo. Os termos modelo e analogia são freqüentemente usados alternadamente, sendo comum o uso do termo analogia, não somente para definir o que tem sido chamado aqui de relação analógica, mas também para o domínio análogo.

De acordo com uma visão construtivista do ensino, é essencial que sejam traçadas as similaridades entre o conhecimento a ser adquirido e o que já é conhecido, tomando as

analogias como ferramentas poderosas para facilitar o processo de construção, pelos estudantes, com base nos conceitos que já estão disponíveis. Duit coloca que as vantagens das analogias se devem à sua importância, em uma perspectiva construtivista de ensino, pois:

"1. Elas são ferramentas valiosas na aprendizagem por mudança conceitual, por apontar novas perspectivas; 2. elas podem facilitar o entendimento do abstrato por apontar similaridades no mundo real; 3. elas podem fornecer uma visualização do abstrato; 4. elas podem provocar o interesse e motivar os estudantes (...); 5. elas forçam os professores a considerar os conhecimentos prévios dos estudantes e podem revelar concepções alternativas (misconceptions) em áreas já ensinadas".(Duit, 1991)

Contudo, Duit aponta também desvantagens e perigos potenciais das analogias, pois estas são "*facas de dois gumes*" e podem ser totalmente desencaminhadas, ou seja, podem provocar equívocos. É importante notar que: uma analogia nunca se baseia em um ajuste exato entre análogo e alvo, sempre há características da estrutura análoga que são diferentes das do alvo e isto pode trazer equívocos; o raciocínio analógico somente é possível se as analogias pretendidas são realmente formuladas pelos estudantes. Se os estudantes possuem concepções erradas sobre o domínio análogo, o raciocínio analógico transferirá para o domínio alvo.

O papel das analogias e metáforas no ensino de ciências é usualmente discutido sob a perspectiva do seu significado no processo de ensino, mas Duit aponta outro aspecto importante: elas têm significativas funções explicativas e heurísticas no desenvolvimento da ciência e, aceitando-se que deveria ser ensinado não só o conhecimento científico, mas também o metaconhecimento científico, deve-se considerar que o papel das analogias e metáforas na ciência é um aspecto essencial para o ensino de ciências.

O papel das analogias e metáforas no processo de aprendizado

As analogias e o aprendizado

Para Duit, a "visão construtivista" sobre os processos de aprendizado se tornou a principal perspectiva teórica de pesquisa na área de educação em ciência nos últimos vinte anos. As duas idéias básicas desta visão são de importância central: (1) o aprendizado é um processo de construção ativa; e (2) o aprendizado somente é possível com base nos conhecimentos previamente adquiridos. O aprendizado, então, fundamentalmente, tem a ver

com as semelhanças construídas entre o novo e o já conhecido. É precisamente este aspecto que acentua o significado das analogias em um enfoque construtivista da aprendizagem.

As visões mais “tradicionais” da aprendizagem enfatizam a necessidade de relacionar o não-familiar com o familiar, mas o aprendizado parece ser visto principalmente como crescimento conceitual, isto é, como uma cadeia de ampliação contínua. A visão construtivista do aprendizado admite que este pode ser tomado em termos de crescimento conceitual, mas que difere principalmente na sua visão de que o aprendizado freqüentemente não é uma simples cadeia de ampliação contínua, mas uma construção nova do já conhecido. Assim, as analogias são de importância central na aprendizagem por mudança conceitual, pois podem ajudar a reestruturar a memória existente e preparar para a nova informação. A natureza simétrica da relação analógica entre análogo e alvo, mencionada anteriormente, entra em jogo aqui. Utilizar uma analogia não ajuda ou facilita somente a aprendizagem de um domínio novo, mas também pode abrir novas perspectivas para visualização e, conseqüentemente, reestruturação do análogo.

As metáforas e o aprendizado

Duit afirma que é o aspecto de “surpresa” ou “anomalia” das metáforas que as tornam significativas no processo de ensino. As metáforas podem nos abrir novas perspectivas e podem igualmente nos ajudar a ver o familiar de maneiras totalmente diferentes. Este “poder gerador” das metáforas faz delas ferramentas potencialmente valiosas no aprendizado por mudança conceitual, pois elas proporcionam o que é essencial a este aspecto do aprendizado, isto é, tornam mais fácil reestruturar o já conhecido e familiar. Existem outros aspectos das metáforas que são importantes para o aprendizado, como por exemplo: proporcionar um grau maior de imaginação e ajudar a visualizar idéias abstratas.

As analogias diferem das metáforas quanto ao grau de explicitação e, conseqüentemente, toda boa analogia contém alguns aspectos de surpresa ou anomalia, ou ao menos pode ser usada deste modo. O que foi esboçado sobre o papel das metáforas no aprendizado, portanto, também é válido, pelo menos parcialmente, para analogias. É o aspecto metafórico das boas analogias que faz delas valiosas ferramentas na aprendizagem por mudança conceitual.

Pesquisas empíricas sobre o papel das analogias no ensino

Duit aponta algumas contribuições de pesquisas sobre a utilização de analogias no ensino, das quais apresentaremos um breve resumo:

1. *Uso espontâneo de analogias:* Os estudantes freqüentemente tentam dar sentido aos fenômenos pela utilização de analogias entre áreas que são familiares com outras.

2. *Estudos empíricos sobre o raciocínio analógico:* diferentes estudos empíricos sobre o raciocínio analógico chegaram a conclusões completamente diferentes sobre o efeito do uso de analogias.

3. *A perspectiva das analogias múltiplas:* As analogias usualmente parecem facilitar ou auxiliar o aprendizado somente em áreas específicas do domínio alvo. As analogias múltiplas são, portanto, necessárias para ajudar o aprendizado em domínios amplos.

4. *Analogias visuais podem ajudar a aprendizagem:* Muitas analogias facilitam uma visualização para domínios alvo abstratos.

5. *Familiaridade com o análogo e acesso às analogias:* Os estudantes têm que estar familiarizados com o domínio análogo, para que o raciocínio analógico possa obter êxito. Mas familiaridade é um termo ambivalente. Os estudantes freqüentemente mantêm concepções alternativas, principalmente em áreas onde os professores e livros didáticos assumem familiaridade. Embora possa parecer, sem nenhuma dúvida, que a familiaridade com o análogo é uma condição prévia necessária, isto não é suficiente por si só.

6. *A atenção dos estudantes tem que ser dirigida para as analogias:* Estudos sobre o uso espontâneo de analogias parecem legitimar a conclusão que isso é comum na vida diária como também na solução de problemas, mas que o uso frutífero de analogias produzidas por professores e meios de ensino requer muitas orientações.

7. *Pesquisas na área das concepções dos estudantes:* Nem sempre um conceito já ensinado pode ser usado como um análogo, porque freqüentemente os estudantes mantêm concepções alternativas que os tornam incapazes de entender a analogia formulada.

O uso de analogias em livros didáticos

Quanto à utilização de analogias em livros didáticos, Duit cita o trabalho de Glynn et al. de 1989, que pesquisaram o uso de analogias em 43 livros de ciências do “elementary,

high school e college” (equivalentes ao ensino elementar, ensino médio e ciclo básico universitário). Os autores encontraram muitos exemplos de analogias simples, tais como “as mitocôndrias são as casas de força da célula”. Analogias elaboradas, as quais tomavam um parágrafo ou até mesmo uma página, eram relativamente raras. Embora fosse comum, na introdução, proporcionar ao leitor sugestões de como usar efetivamente o livro didático (por exemplo, sugestões sobre organizadores avançados) nenhuma menção às analogias foi encontrada lá, nem mesmo nos livros didáticos que as empregavam extensivamente.

Curtis e Reigeluth (1984, apud Duit, 1991) analisaram as analogias usadas em 26 livros didáticos de ciências, de acordo com várias categorias (tais como tipo ou localização). No total, 216 analogias foram encontradas, isto é numa média de 8,3 por livro (variando de zero a 18). Dois tipos principais de analogias foram distinguidos: mais simples, baseadas principalmente em semelhanças superficiais, e mais elaboradas, baseadas em “relações funcionais”. Em cerca de 50% das 216 analogias encontradas, não havia qualquer tentativa de descrever o análogo ou orientar sobre como usar estrategicamente as analogias dadas. Eles mostram que as analogias parecem ser muito úteis para conteúdos complexos e difíceis e vêem as mais simples, baseadas principalmente em semelhanças superficiais, como satisfatórias para tópicos mais fáceis e mais concretos, argumentando que tópicos mais difíceis e abstratos requerem analogias funcionais, isto é, baseadas em semelhanças estruturais profundas.

O uso de analogias em sala de aula

Duit afirma que pouco é conhecido sobre o uso de analogias em sala de aula. Cita o trabalho de Tierney (1988) que observou quatro professores de estudos sociais durante 20 aulas e focalizou o uso de metáforas, analogias e similaridades como exemplo ou reforço de explicações de conteúdo verbal ou escrito, em aulas de história. Tais comparações foram freqüentemente empregadas, mas de uma maneira limitada, pois os professores observados por Tierney, como também muitas analogias usadas pelos autores de livros didáticos, pareciam pressupor que os estudantes estavam familiarizados com o domínio análogo e que poderiam usar metáforas, analogias e similares sem qualquer orientação.

Cita também um estudo de Treagust et al. (1990), onde foram observadas quarenta aulas de oito professores de ciências, tendo como foco o uso de analogias baseadas em relações estruturais (em lugar de semelhanças superficiais). Os professores observados neste

estudo raramente usaram analogias no seu ensino (das quarenta aulas observadas, elas foram detectadas somente em oito) e tendiam a não usá-las de uma maneira elaborada, nem sequer quando tais analogias estavam presentes no livro didático usado pela classe. Este achado aparentemente contradiz os resultados das entrevistas, as quais revelaram que a maioria dos professores estava muito atenta aos benefícios e limitações das analogias. Contudo, os professores do estudo citado pareciam não ter um repertório de boas analogias e não estavam seguros com relação ao uso efetivo destas. Apesar do uso de analogias estar de acordo com uma perspectiva construtivista de ensino, o estudo apontou que os professores mantinham visões tradicionais do processo de aprendizagem e, conseqüentemente, o uso de analogias, se isto ocorreu, não estava baseado em uma abordagem construtivista de ensino.

Uso de analogias em livros didáticos e em sala de aula

Segundo Duit, as pesquisas disponíveis neste campo revelaram grandes limitações do uso de analogias tanto em livros didáticos quanto na prática de sala de aula. Ele coloca que é muito freqüente simplesmente se admitir que analogias são usadas pelos leitores (estudantes) do modo planejado, sem qualquer orientação adicional. Pesquisas apresentadas destacam que freqüentemente isto não é verdade, que são necessárias orientações relativas ao uso de analogias de uma maneira frutífera e que, com freqüência, os estudantes não estão familiarizados com o domínio análogo ou estão familiarizados de uma maneira equivocada. Outro aspecto que ficou visível é que o repertório de boas analogias de alguns autores de livros didáticos e de professores parece ser limitado. Além disso, estratégias relativas ao uso efetivo de analogias não pareciam ser conhecidas por muitos autores de livros didáticos e professores.

Abordagens para o uso de analogias no ensino de ciências

Duit apresenta em seu trabalho abordagens de alguns autores para o uso de analogias no ensino de ciências, as quais resumiremos a seguir:

1. *Teoria do mapeamento estrutural (The structure mapping theory)*: Esta teoria, proposta por Gentner, 1983, parte da idéia de que uma estrutura relacional que normalmente é aplicada em um domínio pode ser aplicada em outro domínio. Gentner distingue quatro tipos de similaridades: Analogia - somente (ou pelo menos principalmente) são mapeados

predicados relacionais e não (ou muito pouco) atributos dos objetos. Similaridade literal - são mapeados os atributos dos objetos e predicados relacionais. Abstração relacional - são mapeadas estruturas relacionais abstratas do domínio base. Não há qualquer propriedade concreta dos objetos para ser deixada para trás no mapeamento. Mera-aparência - são mapeadas principalmente descrições do objeto. Não há distinções rígidas entre tipos de similaridades, nem diferença entre analogias e abstrações relacionais.

2. *O modelo geral de ensino com analogias (GMAT - The General Model of Analogy Teaching)*: Proposto por Zeitoun, 1984, este modelo sugere nove estágios na utilização de analogias: comparação das características dos estudantes; avaliação dos conhecimentos prévios sobre o tópico; análises do material de ensino do tópico; julgamento da conveniência da analogia; determinação das características da analogia; seleção da estratégia de ensino e meio de representação; apresentação da analogia; avaliação dos resultados; revisão dos estágios.

3. *O enfoque “Analogias Ponte” (The “Bridging Analogies” Approach)*: Clement et al. (1987) desenvolveram uma abordagem para “remediar” as concepções alternativas (misconceptions) dos estudantes via o que eles chamam de “analogias ponte”. Eles procuraram por situações analógicas que disparassem uma intuição correta, isto é, uma intuição que pode ser desenvolvida para a compreensão da situação alvo. Eles chamam estes análogos de “âncoras” (ou “exemplos ancorados”). Mas até mesmo se a analogia ensinada começa a partir de análogos familiares aos estudantes, ela frequentemente falha, porque o “salto” do análogo ao alvo é muito grande. Se o grande salto é, contudo, dividido em saltos menores, estes podem ser dominados.

4. *O modelo “Ensinando-com-Analogias” (TWA – Teaching-with-Analogy Model)*: Vindo de uma perspectiva de pesquisa de compreensão de texto, um grupo na Universidade da Geórgia tem investigado o valor das analogias usadas por autores de livros didáticos. Eles desenvolveram uma valiosa ferramenta para o uso de analogias no ensino de ciências, tomando uma posição construtivista. Algumas características principais deste trabalho são: *Função explicativa e criativa do uso de analogias – Uma analogia “exerce uma função explicativa quando coloca novos conceitos e princípios em termos familiares. Exerce uma função criativa quando estimula a solução de problemas existentes, a identificação de novos problemas e a geração de hipóteses”* (Glynn et al. 1989, citado por Duit, 1991). Estas funções estão muito mais de acordo com o que tem sido discutido sobre o papel das

analogias no processo de ensino. O modelo TWA foi desenvolvido com base em considerações teóricas relativas ao uso de analogias, estudos empíricos sobre o raciocínio analógico e um estudo analítico sobre o uso de analogias em livros didáticos de física.

I.3 O MODELO DE ENSINO COM ANALOGIAS (TEACHING-WITH-ANALOGIES MODEL - TWA)

Na seção I.1 indicamos a necessidade de se esclarecer melhor a metáfora da guerra utilizada na imunologia, principalmente quando ela é apresentada nos livros didáticos. Essa metáfora poderá ser melhor aproveitada se a relação analógica presente entre a situação de guerra e o sistema imunológico for explicitada. Assim, acreditamos que uma forma de se fazer essa explicitação é através da utilização de modelos de ensino com analogias.

Portanto, utilizaremos neste trabalho o Modelo TWA, proposto por Glynn em 1991, como uma fonte para essa explicitação e para a sistematização da apresentação da metáfora da guerra nos livros didáticos. Para isso consideramos necessária uma maior explanação a respeito desse modelo de ensino com analogias.

Segundo Glynn e Takahashi (1998), as pesquisas na área de analogias e metáforas apontam que o uso destas analogias nos livros de ciências muitas vezes falha devido à sua falta de sistematização, ou seja, da falta de maior organização para a utilização da analogia como ferramenta de ensino. Esta falta de sistematização pode causar confusão nos estudantes, dificultando a compreensão do conceito que se quer ensinar, deixando de ser uma ferramenta útil de aproximação entre o estudante e o conhecimento científico, pela ligação da analogia com os conhecimentos anteriormente aprendidos.

Uma solução para este problema seria advertir aos autores de livros didáticos que não utilizem analogias. Contudo, Glynn e Takahashi desconsideram esta solução pois "*os autores, como todos os seres humanos, são predispostos a pensar analogicamente e eles utilizarão analogias, consciente ou inconscientemente, durante a explicação*" (p.1130). Assim, sugerem que "*a melhor solução é adotar normas para a construção e uso de analogias em textos científicos*"(p.1130), e uma das formas para diminuir o risco de que o

uso de analogias falhe é a utilização de modelos de ensino com analogias, como é o caso do Modelo TWA – Teaching-With-Analogies.

Segundo Glynn et al. (1998), este modelo foi inicialmente baseado em uma análise de tarefa de 43 livros didáticos de ciências, onde os autores utilizavam analogias para explicar novos conceitos aos estudantes. Mais tarde, o modelo foi desenvolvido com base na análise de tarefa das aulas de 10 professores de ciências, de escolas públicas de nível médio e elementar. Cada professor selecionou uma aula na qual ele fez o *“melhor uso possível de atividades baseadas em analogias elaboradas sobre um conceito-chave que os estudantes tivessem lido em seus livros texto”* (p.3). Uma análise de tarefa, para estes autores, é o processo de desmembramento de uma atividade ou tarefa instrucional para determinar seus componentes essenciais e as relações entre estes componentes.

A análise de tarefa das lições dos professores que participaram do estudo, em conjunto com a análise de livros feita anteriormente, revelou seis operações que idealmente deveriam ser realizadas quando se ensina com analogias. Estas seis operações ou passos são o centro do Modelo de Ensino com Analogias TWA: 1) introduzir o conceito alvo; 2) lembrar o conceito análogo; 3) identificar as características relevantes do análogo e do alvo; 4) mapear as similaridades; 5) traçar conclusões; 6) indicar onde a analogia falha.

A ordem na qual estas seis operações são desenvolvidas pode variar, mas é importante que o professor ou autor de livro didático realize todas as operações. Se o professor ou autor desenvolver somente algumas das operações, deixando outras para o estudante, é possível que o estudante possa falhar na operação ou venha a desenvolvê-la pobremente. Como resultado, o estudante pode entender mal o conceito que está sendo ensinado.

Para Glynn et al. (1998), o Modelo TWA pode servir como um guia para os autores e professores quando estes forem construir analogias para ajudar na explicação de conceitos chave. Assim, se o autor do livro didático escolheu não fazer uma analogia, mas o professor acredita que ela seja necessária ou útil, o professor pode construir uma para os estudantes. Ou, se o autor produziu uma analogia, mas a analogia é falha, o professor pode usar o Modelo TWA para melhorá-la. Os professores podem utilizar o Modelo TWA para modificar a analogia ou o alvo de um autor, adequando-o ao conhecimento anterior específico dos estudantes. Isto é importante porque os novos conteúdos são compreendidos somente quando são conectados aos já existentes.

Um exemplo de como o Modelo TWA pode ser aplicado de forma sistematizada é o apresentado por Harrison e Treagust (1994). Eles modificaram o modelo, alterando os passos 5 e 6, para produzir uma abordagem sistematizada de ensino. Neste artigo os autores apresentam os passos do Modelo TWA da seguinte forma:

Passo 1 – Introduzir o conceito alvo a ser aprendido. Fazer uma breve ou completa explicação, dependendo de como a analogia será empregada;

Passo 2 – Apresentar o conceito análogo. Introduzir o análogo para que a sua familiaridade com o estudante possa ser estimada pela discussão e questionamento;

Passo 3 – Identificar as características relevantes. Explicar o análogo e identificar suas características relevantes em uma profundidade apropriada para a familiaridade dos estudantes com o análogo;

Passo 4 – Mapear similaridades. O professor e os estudantes identificam as características relevantes do conceito alvo e ligam este com as características correspondentes do análogo;

Passo 5 – Indicar onde a analogia falha. Notar as concepções alternativas que os estudantes podem ter desenvolvido e conhecer as áreas onde o análogo e o alvo não correspondem. Apontar isto aos estudantes para desencorajar conclusões incorretas sobre o alvo a partir da analogia;

Passo 6 – Traçar conclusões sobre o alvo. Resumir os aspectos importantes do conceito alvo.

Neste artigo, os autores apresentam como exemplo da utilização deste modelo uma analogia para o equilíbrio da temperatura corporal, utilizando como análogo uma estudante em uma escada rolante. Resumidamente, o exemplo dado pelos autores é o seguinte:

Passo 1 – A homeostase é o processo pelo qual os seres vivos equilibram entrada e saída para manter um meio interno constante. Quando a entrada e a saída estão balanceadas, o meio interno está em equilíbrio dinâmico. Vamos estudar a manutenção da temperatura corporal...

Passo 2 – Vocês estão todos familiarizados com escadas rolantes, as escadas que se movem e são encontradas em muitas lojas de departamentos? Imagine uma estudante subindo uma escada rolante que se move para baixo. O que acontece?

Passo 3 – Se a estudante sobe na escada rolante à mesma velocidade com que esta se move para baixo, ela parece permanecer parada para um observador externo. A estudante e a escada rolante estão em equilíbrio. Se ela sobe mais rápido do que a escada desce, ela lentamente se move para cima, mas se ela caminhar menos rápido que a escada, ela se move para baixo. Em ambos os casos, não há equilíbrio. O equilíbrio somente pode ser restaurado pela alteração da velocidade da estudante até que esta seja o exato oposto da velocidade da escada rolante.

Passo 4 – O nível constante da escada rolante é como a temperatura constante do corpo. A garota subindo é como a produção do calor metabólico: pode aumentar (exercício) ou diminuir (repouso). A escada rolante se movendo para baixo é como a perda de calor pela pele, pulmões, etc.: aumento da perda (transpiração, ar frio ou água) ou diminuição da perda (roupas extra, luz do sol).

Passo 5 – No modo como esta analogia foi empregada, o topo e a base da escada rolante representam a alta e baixa temperaturas, respectivamente. A analogia sugere que um equilíbrio aceitável é possível em qualquer temperatura (qualquer nível da escada rolante). Isto não é assim, pois cada animal homeotérmico tem uma temperatura ótima. Outro fator que foi ignorado é que, na temperatura corporal aumentada, o calor é perdido rapidamente para o ar devido à diferença de temperatura. Como a temperatura do corpo cai, a taxa do calor perdido também cai.

Passo 6 – O equilíbrio homeostático nos seres vivos é um processo ativo envolvendo um balanço de entrada e de saída, com taxas de entrada e de saída iguais, mas em direções opostas.

Neste trabalho, Harrison e Treagust concluem que uma instrução analógica efetiva parece conter ao menos três passos ativos: assegurar que o professor e o estudante visualizem o análogo de forma congruente, que os atributos compartilhados sejam plausivelmente elucidados e que os atributos não compartilhados sejam claramente identificados pelos estudantes.

I.4 AS ANALOGIAS E METÁFORAS À LUZ DA EPISTEMOLOGIA BACHELARDIANA

Apesar de todas as vantagens e da necessidade, segundo vários autores, da utilização da linguagem metafórica no ensino de ciências, não podemos deixar de levar em conta alguns problemas que podem derivar de sua utilização de forma equivocada ou pela falta de sistematização para o seu uso.

Devemos ter cuidado com o uso de analogias e metáforas apresentadas nos livros didáticos, pois em geral, não parece haver preocupação com a forma de abordagem dessas analogias, ou seja, não se consegue estabelecer se as apresentações obedecem a alguma abordagem sistematizada. Estas apresentações, particularmente em Biologia, evidenciam uma falta de preocupação com as características do conceito-análogo (isto é, aquele que é mais familiar ao aluno) que não serão utilizadas como referências para se pensar sobre o conceito-alvo (ou seja, aquele que se pretende ensinar). Isto pode contribuir para a formação ou reforço de concepções alternativas baseadas justamente em aspectos onde o análogo e o alvo não se correspondem. Segundo Santos, 1991, uma concepção alternativa se refere às representações dos alunos que apresentam diferenças qualitativas dos conceitos científicos:

“Falamos de concepção, quando nos referimos a representações pessoais, mais ou menos espontâneas, mais ou menos dependentes do contexto, mais ou menos solidárias de uma estrutura e que são compartilhadas por grupos de alunos. Adjetivamos o termo concepção com o termo alternativa, para reforçar a idéia de que tais concepções não têm estatuto de conceitos científicos, que diferem significativamente destes, quer a nível de produto quer de processo de construção e que funcionam, para o aluno, como alternativa aos conceitos científicos correspondentes.” (Santos, 1991, p.96)

Um dos autores que mais fortemente alertou para os perigos da má utilização de analogias e metáforas na ciência e no ensino de ciências foi Gaston Bachelard que, no seu livro “A formação do espírito científico” (Bachelard,1996) se utilizou da noção de *obstáculo epistemológico*, fazendo uma análise epistemológica e psicológica dos obstáculos à formação do conhecimento científico. Estes obstáculos estariam fundamentados na experiência primeira, no conhecimento geral, no abuso das imagens usuais, no conhecimento unitário e pragmático, no substancialismo, no realismo, no animismo e no conhecimento quantitativo, e seriam as causas da “*estagnação e até regressão do progresso da ciência*”.

Com sua visão racionalista, Bachelard faz uma análise, baseada em exemplos do que ele considera conhecimento pré-científico (antigüidade clássica até o final do século XVIII), onde estas características (obstáculos) estavam fortemente presentes e onde dominava uma linguagem metafórica, com uso de imagens e generalizações que guiavam este pensamento pré-científico para uma visão concreta e imediata, que impedia o processo de abstração necessário para a formação do espírito científico. Apesar de não possuir em sua obra textos exclusivamente voltados para a questão educacional, Bachelard introduz a noção de obstáculo pedagógico, derivado dos mesmos obstáculos ao conhecimento científico.

Para Bachelard, as dificuldades de abstração a partir dos fenômenos concretos entravam o pensamento científico. Segundo ele, os obstáculos advindos da experiência com a realidade fenomenológica levariam o “*pensamento científico para construções mais metafóricas que reais*” e poderiam se tornar uma barreira, impedindo o pensamento abstrato, necessário para seguir a via psicológica normal do pensamento científico.

O trabalho de Bachelard, neste livro sobre a formação do espírito científico, contribuiu imensamente para a compreensão de como a forma da linguagem pode dificultar o trabalho do cientista e constituir um obstáculo epistemológico ao pensamento científico. Para este autor, a noção de obstáculo epistemológico pode ser estudada tanto no desenvolvimento histórico do pensamento científico, como também na educação, pois estes mesmos obstáculos constituem-se em obstáculos pedagógicos para o ensino de ciências.

Este tópico tem por objetivo analisar as observações epistemológicas de Bachelard acerca da linguagem metafórica e analógica na ciência e no ensino de ciências. Inicialmente, situaremos alguns aspectos gerais da filosofia de Bachelard, especialmente com relação ao seu livro “A formação do espírito científico”. Em seguida, colocaremos as posições de Bachelard com relação ao uso de analogias e metáforas na ciência e no ensino de ciências, com extratos da obra citada acima. Por fim, concluiremos com uma discussão sobre as posições de Bachelard e sua contribuição para a área de pesquisa sobre a linguagem metafórica e analógica, colocando nossa posição acerca do assunto.

Bachelard e os obstáculos epistemológicos e pedagógicos

Gaston Bachelard não trabalhou com textos exclusivamente voltados para a questão educacional, mas freqüentemente ele pontua suas análises filosóficas com interpretações a

respeito do conhecimento científico na escola. No livro “A formação do espírito científico” Bachelard ressalta a necessidade dos professores conhecerem as concepções prévias dos alunos (seus conhecimentos anteriores ao processo de ensino) e coloca a problemática dos obstáculos pedagógicos: os obstáculos que impedem o professor de entender por quê o aluno não compreende.

Santos (1991), faz uma ampla análise do trabalho de Bachelard sobre os obstáculos epistemológicos e a relação com as concepções alternativas, que sintetizaremos a seguir. Segundo essa autora, a concepção de Bachelard sobre o progresso da ciência é que este não é linear, mas sim descontínuista, dialético e inacabado. Na perspectiva bachelardiana, a ciência põe-nos em presença de revoluções e não de evoluções; o avanço da ciência se dá portanto por descontinuidades ou rupturas, onde a ruptura é um não, é uma negação a um passado de erros.

Uma das preocupações epistemológicas de Bachelard foi investigar as fontes destas rupturas. Concluiu que elas se relacionam com o fato, muitas vezes ignorado pela ciência, de que o sujeito coloca muito de si no próprio ato de conhecer e de que impregna o conhecimento científico com traços subjetivos, imaginários, muitas vezes do foro afetivo. São tais traços que fazem com que o ato de conhecer permaneça contaminado de impurezas que escapam ao controle dos cientistas. Admite pois, que há um inconsciente científico que perturba a atividade científica, ou seja, que há elementos inconscientes na base do conhecimento. Dessa sua investigação emerge uma teoria central da reflexão bachelardiana – *a teoria dos obstáculos epistemológicos*.

Santos coloca que, para Bachelard, o inconsciente do espírito científico é a fonte primordial de contra pensamentos, mais ou menos disfarçados, baseados em dados sensoriais, que dificultam a emergência de valores racionais. É a estas resistências do pensamento ao pensamento que Bachelard chama de *obstáculos epistemológicos*. Para ele, são os conhecimentos subjetivos, essencialmente do foro afetivo, que entram o conhecimento objetivo. Estes conhecimentos dizem respeito a aspectos intuitivos, imediatos e sensíveis; a experiências iniciais; a relações imaginárias; a conhecimentos gerais, unitários e pragmáticos; a perspectivas filosóficas empiristas, realistas, substancialistas e animistas; a interesses, hábitos e opiniões de base afetiva, etc. São erros, investidos de tal energia psíquica, que se tornam tenazes e resistentes a toda mudança.

Bachelard (1996) tipifica as principais categorias de obstáculos ao progresso da ciência. Paralelamente, faz referência a situações pedagógicas onde estas mesmas categorias de obstáculos são uma barreira à apropriação do conhecimento científico. Obstáculos epistemológicos, que são obstáculos pedagógicos, uma vez que obstruem a atividade racional do aluno. Destes, Santos (1991) destaca:

a) *O conhecimento geral* é um conhecimento vago, que imobiliza o pensamento. Fornece respostas demasiado vagas, fixas, seguras e gerais a qualquer questionamento. Dá confirmações fáceis a hipóteses imediatas. Em *pedagogia*, o problema agrava-se, pois a idéia do geral aparece imediatamente adaptada à idéia comum. Fornece a mesma resposta para todas as questões, desqualifica experiências de detalhe. Por exemplo, a respiração que os alunos pensam que é uma troca gasosa que se limita ao nível dos pulmões ou então as plantas que recebem os "alimentos" já prontos pelas raízes. Estas idéias gerais se tornam certezas, imobilizam a razão, privando-os de uma motivação real para se questionarem sobre os aspectos particulares dos mesmos fenômenos.

b) *A experiência primeira, pitoresca, concreta, fácil*, é a experiência situada antes e acima da crítica, que capta o imediato, o subjetivo; que tem dificuldade de abandonar o pitoresco da observação; que subordina a prática científica ao efeito das imagens; que dá grande atenção ao que é natural; que aborda fenômenos complexos como se fossem fáceis; que tem a marca de um empirismo evidente. *Na educação em ciência*, o colorido pitoresco de certas manifestações naturais seduz os alunos. Tal admiração opõe-se à procura do "porque" e do "porque não" de tais fenômenos. Este obstáculo está relacionado com evidências empíricas sobre concepções alternativas – dependência de aspectos óbvios da percepção. Um exemplo disso, foi o caso do eletrismo do século XVIII, que foi transformado em divertimento de salão, distraindo a atenção dos cientistas dos aspectos essenciais do fenômeno.

c) *Obstáculo verbal* é uma falsa explicação obtida a custo de uma palavra explicativa. Uma só palavra, funcionando como uma imagem, pode ocupar o lugar de uma explicação. Por exemplo, a palavra esponja é uma palavra obstáculo, pois ela é utilizada como auxiliar do pensamento, numa extensão abusiva de imagens familiares e exprime os mais variados fenômenos, na falsa convicção de que os explica, como veremos mais adiante. Também *em situações pedagógicas* há palavras que, dizendo respeito à linguagem aprendida em contextos não científicos e com conotações divergentes, ou com uma

significação simbólica para o sujeito, constituem barreira ao ensino formal das ciências. Os exemplos que Bachelard apresenta sobre o obstáculo verbal estão relacionados com o uso desajustado de imagens, analogias e metáforas, quando, na prática pedagógica, tendem a reforçar as concepções alternativas radicais no imaginário infantil.

d) *O conhecimento pragmático* traduz-se na procura do caráter utilitário de um fenômeno, como princípio de explicação. Segundo Bachelard, muitas generalizações exageradas provêm de uma indução pragmática ou utilitária. *Em pedagogia*, constata-se que, quando os alunos se referem a aspectos utilitários dos conceitos, como por exemplo: “*a fotossíntese é a função que purifica o ar que nós respiramos*”, parece que isto é suficiente para definir os conceitos.

e) *O obstáculo animista* traduz-se numa tendência a, de um modo ingênuo, animar, atribuir vida e muitas vezes propriedades antropomórficas a objetos inanimados. Na história da ciência, sobretudo no estágio pré-científico, recorria-se freqüentemente a fenômenos biológicos como meios de explicação para fenômenos físicos, o que constituía um obstáculo à compreensão destes. Um exemplo disso era valorização do princípio vital dos seres vivos que era aplicado aos conceitos físicos. *Em educação em ciência*, o obstáculo animista constitui grande dificuldade à apropriação dos conceitos científicos. A compreensão das representações científicas exige uma ruptura com as representações animistas.

Segundo Santos, não há qualquer continuidade entre a ciência e o senso comum, na perspectiva epistemológica de Bachelard. No conhecimento comum, os dados são como que oferecidos gratuitamente pela realidade, resultam da percepção imediata. No conhecimento científico, os “dados” resultam de uma reflexão, provêm de um longo percurso através da ciência teórica, de um grande afastamento da percepção sensível. Não têm, pois, nada de imediato.

No conhecimento científico atual, toda observação está impregnada de teoria – é precedida de um problema, de uma hipótese, de algo especulativo. Não radica em evidências do senso comum, mas em construções tentativas, modelos teóricos de aproximação da realidade, que exigem o desenvolvimento de pensamentos divergentes e um rigoroso controle das hipóteses avançadas.

Para Bachelard, há uma grande ruptura entre o conhecimento científico e o conhecimento comum pois, enquanto o conhecimento vulgar permanece ligado a princípios

empiristas de generalidade, de utilidade, de finalismo, o conhecimento científico está cada vez mais ligado a princípios racionais, é cada vez mais teórico.

Bachelard e as analogias e metáforas

Vimos no item anterior as posições de Bachelard, presentes em “A formação do espírito científico”, com relação ao obstáculo configurado pelas observações empíricas e subjetivas da natureza, pelo senso comum. Contudo, interessa-nos particularmente, as observações feitas por Bachelard com relação à utilização de analogias e metáforas na construção do conhecimento científico e no ensino de ciências.

Segundo ele a utilização dessa forma de linguagem, intimamente ligada às concepções prévias ao ensino formal dos alunos, pode induzir a formação e/ou reforço de obstáculos, como por exemplo o substancialismo e o animismo.

No capítulo “O primeiro obstáculo: a experiência primeira”, pode-se perceber claramente observações em que Bachelard mostra a sua posição contra o uso de imagens na ciência e no ensino de ciências. Ele diz que *“uma ciência que aceita imagens é, mais que qualquer outra, vítima das metáforas”*, por isso *“o espírito científico deve lutar sempre contra as imagens, contra as analogias, contra as metáforas”* (Bachelard, 1996, p.48).

Bachelard afirma que, nas classes do curso elementar, o pitoresco e as imagens causam desastres quando são utilizadas experiências que deixam de lado os fenômenos essenciais, como por exemplo as que utilizam aparelhos esquisitos em aulas de física ou as com explosões em aulas de química. Por essa razão, faz uma crítica ao uso de experiências muito marcantes e cheias de imagens no ensino elementar, que ele considera como *“falsos centros de interesse”*. Coloca a experiência como *“uma fuga do verdadeiro espírito científico”*, por provocar um esvaziamento do seu princípio fundamental. Considera *“indispensável que o professor passe continuamente da experiência para a lousa a fim de extrair o mais depressa possível o abstrato do concreto”* pois, *“quando voltar à experiência, estará mais preparado para distinguir os aspectos orgânicos do fenômeno”* (p.50).

Bachelard utiliza, no capítulo IV, a palavra esponja, para *“caracterizar hábitos de natureza verbal como obstáculos do pensamento científico, considerando um caso onde uma única imagem ou até uma única palavra constitui toda a explicação”* (p.91).

O exemplo da simples palavra esponja, no período pré-científico, permitia expressar os fenômenos mais variados, "*não sendo necessário aos que a utilizavam explicá-la, porque sua função parecia clara e distinta*" (p.91). Na imagem generalizada da esponja, os pesquisadores da antigüidade utilizavam-se da característica esponjosa para explicar fenômenos como, por exemplo, o da dissolução do ar na água, idéia que Réaumur considerava adequada como explicação, porque o ar se deixava comprimir pelos pesos, "*considerando o ar como se fosse algodão, lã, esponja, e muito mais esponjoso do que todos os outros corpos ou reunião de corpos com os quais pode ser comparado*" (Réaumur, p.281, citado por Bachelard, 1996, p.92).

Benjamim Franklin tenta também aplicar as experiências elétricas, a partir da experiência primitiva da esponja, que ele considerava como uma verdadeira *categoria empírica*. Para ele

"a matéria comum é uma espécie de esponja para o fluido elétrico; A esponja não absorveria água se as partes da água não fossem menores que os poros da esponja; (...) enfim, a absorção seria muito rápida se em vez de atração, houvesse entre as partes da água uma mútua repulsão que concorresse com a atração da esponja. É exatamente o caso em que se encontra a matéria elétrica e a matéria comum." (Franklin, p.135, apud Bachelard, p.95).

Bachelard considera que a utilização excessiva de imagens, que se acumulam, prejudica a razão, pois seu lado concreto, apresentado sem prudência, impede a visão abstrata e nítida dos problemas reais. No período pré-científico "*por um movimento pura e simplesmente lingüístico, os autores associavam uma palavra concreta a uma palavra abstrata, pensando ter-se feito avançar as idéias*". Ele afirma que "*para ser coerente, uma teoria de abstração necessita afastar-se bastante das imagens primitivas*" alertando que, quando a aplicação da imagem "*é utilizada de forma mais rápida e direta e menos controlada, a imagem se explica automaticamente e pode ficar confusa e complicada e adquirir uma característica substancialista*" (p.94).

É bastante interessante observar que, já em 1785, havia autores que se preocupavam com o obstáculo apresentado pela imagem da esponja e as dificuldades de se livrar dela. Bachelard cita J.-H. van Swinden que, no livro "*Analogie de l'èlectricité et du magnetisme*", faz uma longa série de objeções contra "*as múltiplas analogias por meio das quais pretendiam reunir, numa mesma teoria, eletricidade e magnetismo*" (p.96). Seu pensamento deixou claro "*que não se pode confinar com tanta facilidade as metáforas no reino da expressão*", que as "*metáforas seduzem a razão*", que "*são imagens particulares e distantes que, insensivelmente, tornam-se esquemas gerais*" (p.97).

Bachelard analisa outros exemplos, onde imagens simplistas são propostas como explicativas. Um deles é o caso do trabalho de Franklin, que registra em eletricidade o poder das pontas pela imagem de arrancar o pelo do rabo de um cavalo. Outro é o trabalho de Marat, em 1782, que explica a máquina elétrica comparando-a com uma bomba (p.100). Sobre a analogia da bomba (analogia hidráulica), Bachelard ressalta que “*a ciência moderna serve-se da analogia da bomba para ilustrar algumas características dos geradores elétricos, mas é para tentar esclarecer as idéias abstratas de diferença de potencial e de intensidade de corrente*”. Coloca em contraste a observação: “*no pensamento pré-científico a analogia hidráulica entra antes da teoria*” enquanto que “*no pensamento científico a analogia entra depois da teoria*” (p.100). Alerta que “*o perigo das metáforas imediatas para a formação do espírito científico é que nem sempre são imagens passageiras; levam a um pensamento autônomo, tendem a completar-se, a concluir-se no reino da imagem*” (p.101).

Sobre o conhecimento unitário e pragmático, Bachelard cita os historiadores da química que estudaram detidamente as teorias que, na Idade Média e no Renascimento, foram baseadas em amplas analogias. Ele se refere particularmente à obra de Hélène Metzger, que reuniu tudo o que se referia às analogias paracelsistas que estabeleciam analogia entre os astros e os metais, entre os metais e as partes do corpo. Estas analogias estabelecem uma espécie de triângulo universal, que une o céu, a terra e o homem, tão convincente que foi utilizada para o tratamento de doenças: “*A cada doença no homem, a cada desarmonia acidental de um órgão, o remédio apropriado é o metal correspondente ao planeta análogo ao órgão doente*” (Metzger, citada por Bachelard, p.109). Bachelard pergunta se “*é preciso dizer que tais analogias não ajudam nenhuma pesquisa? Ao inverso, provocam fuga de idéias, impedem a curiosidade homogênea que faz com que a paciência siga uma seqüência de fatos bem definida*” (p.109).

No capítulo sobre o obstáculo substancialista, Bachelard afirma que a necessidade de substantificar as qualidades é tão grande que qualidades metafóricas podem ser propostas como essenciais. É o caso de Boerhaave, que atribui à água, como qualidade primordial, a suavidade e como conseqüência dessa propriedade *essencial*, considera “*a água quente como um dos principais remédios anódicos e paregóricos*”. Bachelard completa: “*Percebe-se que a qualidade suave rolou de metáfora em metáfora, mas que, para Boerhaave, sempre*

indica uma qualidade profundamente substantificada. Não é preciso perder tempo mostrando a inutilidade evidente de tal forma de pensar.” (p.137-138).

Bachelard, no capítulo “Psicanálise do realista”, dá o exemplo da utilização de pedras preciosas e ouro em tratamentos médicos, que encanta e atrai os pacientes. Diz que

“essa atração e esse encanto são metáforas, a substantificação de um valor atribuído às pedras preciosas e ao ouro, que serão utilizadas no tratamento médico. A alegria de possuir se substantifica. Propicia uma experiência íntima, um reconforto que torna inútil a verificação objetiva. Nessas opiniões dá-se a junção de uma experiência psicológica com uma médica, ou seja, a fusão de uma paixão verdadeira com uma idéia falsa. É a paixão verdadeira que constitui um obstáculo à correção da idéia falsa” (p.172-174).

Já em “O obstáculo animista”, Bachelard se preocupa com as relações analógicas feitas entre os fenômenos biológicos e os fenômenos físicos que constituiriam obstáculos para a compreensão destes. Ele se refere à atribuição, aos fenômenos físicos, de características próprias dos fenômenos biológicos, como fecundidade e vivacidade. Este é o caso da explicação de fenômenos elétricos pela vivacidade dos objetos eletrizáveis. Bachelard coloca que *“essa explicação não é uma simples referência à obscura intuição da vida (...) é um desenvolvimento minucioso que aplica o fenômeno físico sobre o fenômeno biológico”* (p.201).

O obstáculo animista também pode ser caracterizado pelo mito da digestão, onde aparecem inúmeras metáforas utilizadas pelos alquimistas, como por exemplo, *“os corrosivos comuns, esfaimados como são, tentam devorar os metais a fim de matar a fome, atacam-nos com fúria”*. Bachelard considera que esse *“número de imagens, que um espírito científico julga, no mínimo inúteis, mostra com clareza seu papel explicativo suficiente para o espírito pré-científico”* (p.217).

Por fim, Bachelard coloca no capítulo sobre a libido e conhecimento objetivo que, *“alguém pode ainda afirmar que todas as metáforas estão gastas e que o espírito moderno, pela própria mobilidade das metáforas, venceu as seduções afetivas que já não emperram o conhecimento dos objetos”*. Entretanto, coloca que *“se alguém examinar o que se passa numa mente em formação, colocada diante de uma experiência nova, em uma aula de química por exemplo, ficará surpreso em encontrar antes de mais nada pensamentos sexuais”* (p.240), ou seja, comparações onde os elementos de uma reação química teriam um o papel ativo (ácido – masculino) e o outro o passivo (base - feminino).

Para concluir, queremos esclarecer que é praticamente impossível, num tópico onde nos propomos a extrair as opiniões de Bachelard acerca das analogias e metáforas neste

livro “A formação do espírito científico”, conseguir exaurir todas as nuances apresentadas por ele com relação a este tipo de linguagem e às imagens. Contudo, com este tópico pretendemos dar uma idéia das observações de Bachelard a respeito da utilização de analogias e metáforas na ciência e no ensino de ciências colocadas, principalmente, no capítulo onde fala do obstáculo verbal.

As críticas de Bachelard à utilização das metáforas no ensino de ciências se devem ao fato delas levarem a obstáculos epistemológicos e pedagógicos, que dificultam o aprendizado dos conhecimentos científicos. Contudo, ele não é totalmente desfavorável a essa utilização, como podemos ver em outras obras suas, onde ele coloca parâmetros para uma analogia aceitável.

Segundo Santos (1991) no livro “*L’activité rationaliste de la physique contemporaine*” de 1951, Bachelard coloca mais claramente que

“as imagens (...) são, ao mesmo tempo, boas e más, indispensáveis e prejudiciais, é preciso usá-las com medida enquanto são boas e desembaraçar-se imediatamente delas quando se tornam prejudiciais”

“(...) há que desqualificar o uso figurativo de analogias, imagens imediatas e metáforas se constituírem uma ameaça à restauração do continuísmo, se derem primado ao realismo, se não forem psicanalisadas, se tenderem a transformar conceitos abstratos em elementos observáveis – em coisas; há que desqualificar o uso figurativo de analogias e metáforas quando pretendem ser imagens-reflexo, mais ou menos exatas, de uma realidade oferecida à investigação, ou seja, quando pretendem passar por cópias fiéis dessa realidade; há que desqualificar quando se transformam em esquemas gerais que permanecem (obstáculos epistemológicos) em vez de assumirem um papel transitório.” (Bachelard, 1951, apud Santos, 1991)

Santos coloca que, não obstante, Bachelard na obra “*L’air et les songes: essais sur l’imagination du mouvement*” de 1943, admite que “*criar uma imagem é verdadeiramente dar a ver, o que tinha sido mal visto, o que se tinha perdido na familiaridade preguiçosa, é então um objeto novo para um olhar novo*”. Ela sumariza:

“Bachelard admite uma utilização científica, embora efêmera, de certas imagens e metáforas se estas não atuarem apenas como fatores de distração à construção dos conceitos científicos. Se não fizerem correr o risco de tomar os andaimes pelo vigamento. Ele defende o conceito contra a imagem, passando pela imagem. Daí que é preciso, diz, ‘desrealizar’ metáforas, e imagens ingênuas”. (p ?)

Portanto, podemos perceber que Bachelard não é contra toda e qualquer utilização de analogias e metáforas mas sim, contra as que podem reforçar concepções da observação empírica, do senso comum ou quando elas se tornam cópias fiéis da realidade, impedindo a compreensão do que se pretende ensinar, tornando-se ou reforçando obstáculos epistemológicos e pedagógicos.

É neste ponto que nos baseamos para sustentar a utilização das analogias e metáforas no ensino de ciências e biologia. Quando as analogias e metáforas são utilizadas de uma forma sistematizada, como defende Glynn et al (1998), os perigos existentes ficam reduzidos, principalmente com a utilização de um modelo de ensino que possa estabelecer parâmetros e passos para que as analogias sirvam de ferramentas para o ensino efetivo dos conhecimentos biológicos.

Concluindo, consideramos que a linguagem metafórica e analógica é uma forma de raciocínio inerente ao ser humano que, tanto na ciência quanto na educação, pode ser tomada como uma ferramenta útil no processo de explicação dos conceitos científicos. Assim, nos colocamos ao lado de vários autores que, nas últimas décadas, têm tomado a linguagem metafórica e analógica como uma forma legítima de pensamento, que auxilia no processo de aprendizagem do conhecimento científico, por aproximar os conceitos considerados teóricos e abstratos das ciências de análogos mais familiares e melhor compreendidos pelos alunos.

Por outro lado, concordamos plenamente com Bachelard quanto ao perigo da má utilização de analogias e metáforas, como explicitado nos tópicos anteriores, e quanto ao perigo de serem tomadas como cópias fiéis da realidade e de se transformarem em esquemas gerais que permanecem, em vez de assumirem um papel transitório. Por isso é importante ressaltar, em educação, a necessidade de um maior preparo destas analogias e metáforas antes de serem levadas até os alunos e até mesmo do professor que as utiliza muitas vezes de forma espontânea.

Capítulo II

A IMUNOLOGIA E A METÁFORA DA GUERRA NA CONSTRUÇÃO DE UM CONCEITO CIENTÍFICO

Este capítulo tem por objetivo fazer um histórico da imunologia, desde o seu surgimento, no século passado, até os conhecimentos atuais dessa área, ressaltando a utilização da metáfora da guerra desde o início da construção dessa teoria.

II.1 A ORIGEM DA IMUNOLOGIA

Segundo Janeway e Travers (1997) a origem da imunologia é relativamente nova e tem sido atribuída usualmente a Edward Jenner que, em 1796, descobriu que a *vacínia* ou *cowpox* induzia a proteção contra a varíola humana, uma doença freqüentemente fatal. A este processo Jenner deu o nome de *vacinação*, termo que até hoje descreve a inoculação de indivíduos sadios com amostras enfraquecidas ou atenuadas de agentes causadores de doenças, a fim de obter proteção contra a enfermidade. Dois séculos foram necessários para que o experimento de Jenner - a vacinação contra a varíola - se tornasse universal e permitisse a erradicação desta doença, o que foi considerado um grande triunfo da medicina moderna.

De acordo com aqueles autores, ao introduzir a vacinação, Jenner conhecia o agente etiológico da varíola ou a imunologia em geral. Foi somente no século 19, que Robert Koch provou que as doenças infecciosas eram causadas por microorganismos patogênicos, cada um deles responsável por uma determinada enfermidade ou patologia. Atualmente, reconhecemos quatro grandes categorias de microorganismos patogênicos causadores de doença, também chamados patógenos: são os vírus, as bactérias, os fungos patogênicos e outros organismos eucariotos, relativamente grandes e complexos, chamados coletivamente de parasitas.

As descobertas de Koch e de outros grandes microbiologistas do século 19 possibilitaram o desenvolvimento da imunologia e estenderam o processo de vacinação de Jenner para outras doenças. No entanto, de acordo com Martins (1997), não havia uma base teórica que justificasse os trabalhos com relação à imunização pela aplicação de vacinas, o que era feito através da prática de tentativa e erro.

Para Janeway e Travers (1997), tantos triunfos práticos levaram à busca dos mecanismos de proteção imune e, em 1890, Emil von Behring e Shibasaburo Kitasato descobriram que o soro dos indivíduos vacinados continha substâncias, as quais eles chamaram de *anticorpos*, que se ligavam especificamente aos agentes infecciosos. Na época em que von Behring e Kitasato descobriram os anticorpos, que são responsáveis pela *resposta imune adaptativa*, já eram conhecidas as respostas da *imunidade inata*, principalmente através dos trabalhos do grande imunologista russo Iliá Metchnikoff, que verificou que muitos microorganismos poderiam ser ingeridos e digeridos por *células fagocitárias*, chamadas *macrófagos*.

II.2 A METÁFORA DA GUERRA NA CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO IMUNOLÓGICO

Nesta seção utilizaremos como referência o trabalho de Löwy (1996) "*As metáforas da imunologia: guerra e paz*", onde esta autora faz um levantamento da utilização da metáfora da guerra, pelos pesquisadores na área de imunologia, na construção do conhecimento imunológico, desde as primeiras pesquisas feitas nesta área até os dias atuais.

Segundo esta autora, a popularização do conhecimento imunológico passa pela imagem da guerra. Certos glóbulos brancos são apresentados como as "*sentinelas vigiando a chegada do seu inimigo*", um microorganismo patogênico, e alertando as outras células capazes de destruir o invasor. O local da inflamação é descrito como as fileiras de um campo de batalha; e existe o equivalente dos serviços de contra espionagem, os "*linfócitos matadores*", que atacam o "*inimigo interior*", as células cancerosas."

Estas imagens, apesar de muito eficientes, não foram construídas sob a ótica de explicar um fenômeno imunológico complexo a um público não especialista: as metáforas

da guerra nasceram dentro da imunologia moderna e são inseparáveis do imaginário imunológico. Esta forma de linguagem não tem a exclusividade das representações na imunologia, pois desde o início desta ciência, as metáforas da guerra coexistiram com uma percepção da imunidade como mecanismo fisiológico de base e com as imagens que colocavam a imunidade em relação a outros mecanismos fisiológicos como a digestão e a secreção. As duas formas de representação da imunidade estavam muitas vezes tão intimamente ligadas que não era raro vê-las juntas na mesma página de um livro de imunologia.

A associação da imunologia à metáfora da guerra tem origem no início da imunologia como “ciência pasteuriana”, particularmente a imagem do corpo que combate uma armada de invasores estranhos e ameaçadores. O termo antigo “imunidade” contra as doenças infecciosas, também foi emprestado da linguagem militar; contudo não invoca a imagem ativa do combate contra um inimigo, mas sim a passiva, da existência de diferenças e de hierarquias entre os indivíduos.

A associação da linguagem da guerra com a imunologia se estabeleceu em um momento muito preciso, 1890. Neste ano, Pasteur convidou o zoologista russo Ilya Metchnikoff, a vir se instalar no Instituto Pasteur recentemente inaugurado (1888), a fim de estabelecer um serviço dedicado ao estudo dos mecanismos de resistência às doenças infecciosas. Por volta de 1884, Metchnikoff havia desenvolvido sua teoria sobre o papel das células fagocitárias na defesa antimicrobiana do organismo, teoria que foi inspirada nas suas reflexões sobre o papel das células mesodérmicas móveis, dotadas da capacidade de engolir/absorver as partículas na embriogênese. A teoria metchnikofniana da inflamação afirmava que *“as atividades digestivas das células móveis do mesoderma servem para proteger o organismo das bactérias”*, e que a inflamação podia ser percebida como uma luta entre as células fagocitárias e os micróbios.

Alguns cientistas consideravam esta linguagem da guerra muito primitiva e simplista, tanto que, por exemplo, Virchow em 1847, rejeitou uma teoria que procurava tornar os glóbulos brancos do sangue responsáveis pela eliminação das substâncias nocivas, dizendo que *“Nós não consideramos mais os corpúsculos do pus como policiais comandados pela polícia estadual para acompanhar até a fronteira um estranho sem passaporte”*.

Pasteur encontrou nas teorias de Metchnikoff uma solução para o problema da imunidade antibacteriana. Antes de adotar uma visão ativa da imunidade, Pasteur exprimiu a imunidade em termos passivos, primeiro (1880) como resultado do esgotamento, pelas bactérias, das substâncias nutritivas essenciais, e depois (1886), como o resultado da secreção, pelo micróbio, de substâncias que lhe são tóxicas. As duas teorias foram pouco satisfatórias, e não podiam ser verificadas experimentalmente.

A teoria fagocitária, que opta por uma reação ativa do organismo aos micróbios patogênicos, harmonizou-se maravilhosamente com o imaginário pasteuriano clássico da invasão do corpo por tropas estrangeiras. Além disso, podia ser demonstrado visualmente, sob o microscópio, como os fagócitos absorviam e destruíam as bactérias virulentas.

Por volta de 1890, foi proposta a teoria da imunidade humoral, cujo mais importante porta voz foi o cientista alemão Paul Ehrlich, que trabalhou com as imagens da guerra fundadas sobre o princípio de luta do organismo contra o invasor. A principal diferença entre as duas imagens se refere à natureza das armas usadas pelo organismo na guerra contra a bactéria. Enquanto os partidários da teoria celular da imunidade escolheram a imagem da luta corpo a corpo entre as bactérias e os fagócitos, os partidários da teoria humoral da imunidade preferiram um ataque de artilharia por mísseis controlados, os anticorpos.

As duas escolas, contudo, usaram vocabulários muito similares. Em 1901, Metchnikoff explicou que, ao encontrar uma bactéria patogênica, *“os fagócitos entram em luta contra estes microorganismos e livram o organismo destes invasores”*, enquanto em 1907, Ehrlich afirma que

“em todo caso, existe uma luta entre a adaptabilidade do parasita e a do hospedeiro. ... Esta luta é, evidentemente, influenciada pela secreção, por cada antagonista, de substâncias solúveis que são hostis à vitalidade e receptividade de cada organismo. Para as bactérias, estas substâncias são toxinas; para o organismo, são anti – substâncias (anticorpos, I, L). Também há um papel determinado para as ações defensivas e protetoras. ... Veja portanto que se trata de uma guerra conduzida em diferentes esferas, mas na qual há uma reação em cada ação.” (Ehrlich, citado por Löwy, 1996)

A predominância das imagens de guerra na descrição das doenças infecciosas não foi aceita por todos, tanto que o médico e filósofo da medicina polonês Wladyslaw Bieganski, partidário de uma percepção funcional da doença, criticou vigorosamente, em seu livro *“Problemas gerais da teoria das ciências médicas”* de 1897, a linguagem guerreira em voga:

“Se a doença é uma perturbação das funções induzida pela ação de um estímulo patológico, é totalmente desprovido de sentido falar sobre este tópico como uma luta, tanto quanto é desprovido de sentido expressar dessa maneira a nossa compreensão de um fenômeno fisiológico. Ninguém afirmará que a digestão é uma luta do organismo contra a comida; ninguém deveria afirmar que a inflamação é uma luta. ... A doença não é, portanto, uma luta, mas uma reação do organismo aos estímulos, e a diferença entre luta e reação é enorme. O conceito de luta é o de uma ação independente e deliberada, enquanto que a reação é submetida somente às leis da química e da física. As reações químicas são bem conhecidas. Seria portanto uma grande licença poética falar de lutas em química. ... Nós não teríamos feito nenhuma objeção à uma utilização puramente metafórica da palavra “luta” para a compreensão das doenças. Entretanto, este não é o caso. A doença é descrita como uma verdadeira luta, e mesmo como uma batalha planejada entre uma armada de fagócitos e as bactérias. Tal percepção é decididamente errônea.” (Bieganski, citado por Löwy, 1996)

As idéias de Bieganski, no entanto, não estavam tão distantes daquelas dos fundadores da imunologia. Metchnikoff e Ehrlich tinham recorrido às imagens da guerra entre o organismo e os micróbios mas, ao mesmo tempo, eles descreveram as reações imunitárias como uma função particular dos mais importantes mecanismos fisiológicos. Então, para Metchnikoff, a destruição das bactérias pelos fagócitos seria uma, entre muitas outras, das funções fisiológicas destas células. Eles seriam também responsáveis pela eliminação das células mortas, velhas ou inúteis e teriam papel chave no funcionamento do organismo. Ehrlich considerava os anticorpos como as “cadeias laterais” do protoplasma, isto é, as moléculas cujo objetivo principal seria reagir contra as substâncias nutritivas e assegurar sua assimilação pela célula e só casualmente estas “cadeias laterais” ajudariam o organismo a se livrar da presença, em grande quantidade, de substâncias nocivas, tais como as toxinas bacterianas.

Outra visão do significado fisiológico da imunidade foi proposto por volta de 1911, por Charles Richet. Ele descobriu a anafilaxia, uma reação imunológica violenta, às vezes mortal, após um segundo contato com uma substância sensibilizadora, e tentou explicar o significado fisiológico deste fenômeno, que parecia ser nocivo para o indivíduo. Ele propôs duas explicações para isto: a primeira prolongava a visão habitual da imunidade como mecanismo de defesa contra microorganismos patogênicos e na salvaguarda do patrimônio genético da espécie, a segunda dizia que os mecanismos de imunidade e anafilaxia determinariam a individualidade biológica, criando uma diferença humoral entre os indivíduos pois, durante a vida, cada organismo, que é único, acumularia imunizações ou sensibilizações anafiláticas que lhe seriam próprias.

A visão fisiológica da imunidade acabou desaparecendo com o abandono das teorias de Metchnikoff e de Ehrlich, consideradas como fora de moda, sobre as ligações entre a imunidade e as funções fisiológicas fundamentais, tais como a secreção ou a digestão. Contudo, estas teorias não foram substituídas por novas teorias. Os imunologistas, desencorajados pelo vazio teórico de sua disciplina e pela complexidade dos mecanismos celulares complexos, retornaram em direção aos sistemas simplesmente experimentais e reproduzíveis, tais como a reação a antígenos e anticorpos em um tubo de ensaio. Neste período houve um rápido desenvolvimento dos estudos sobre a produção de anticorpos contra antígenos bem definidos, com a sorologia médica de um lado e a imun química do outro. Ao mesmo tempo, os estudos das reações fisiológicas complexas, como alergia, anafilaxia e fenômenos autoimunes, são deixados em uma posição marginal. O imaginário imunológico permaneceu fiel às imagens de batalha entre o organismo e as bactérias...

A volta da imun química foi julgada pela maioria dos imunologistas como um sinal de maturação da sua disciplina. Alguns, contudo, criticaram a separação crescente entre a imunologia e a fisiologia que julgavam como resultado da falência da antiga teoria da imunidade e da ausência de uma teoria alternativa.

Segundo Löwy, para Fleck (1937), os promotores das abordagens químicas tendiam a se fechar em suas representações simplistas, pois muitos conceitos clássicos da imunologia foram desenvolvidos sob a influência de importantes sucessos químicos na fisiologia. Estes diziam que se tem feito algumas tentativas erradas para explicar o conjunto da biologia em termos de efeitos produzidos por substâncias quimicamente bem definidas. A solução proposta por Fleck consistiu em renovar as bases teóricas da imunologia, substituindo a abordagem baseada na química por uma abordagem baseada nas aquisições da biofísica e da física moderna.

A idéia de que a renovação das teorias biológicas viriam da física moderna e que o estudo do fenômeno biológico contribuiria para a descoberta de novas leis físicas, foi propagada nos anos 1935 por físicos de grande renome como Erwin Schrodinger e Max Delbruck. Contudo, contrariando as predições de Fleck e dos físicos, a renovação da imunologia não aconteceu através de sua aliança com a física. Ela veio, por um lado, do retorno dos imunologistas às grandes questões biológicas (mecanismos de memória imunológica e de auto-reconhecimento) e por outro lado, do interesse renovado dos imunologistas por certos problemas da patologia. Um pesquisador que representou um papel

chave nesta reorientação da imunologia, nas décadas de 40 e 50, foi o australiano Macfarlane Burnet.

Burnet teve uma iniciativa muito original: a tradução da percepção fisiológica do fenômeno imunológico na nova linguagem da imunquímica. Ele tomou questões-chave da imunologia e reformulou-as na linguagem da pesquisa biológica moderna, apontando muitas questões fundamentais como: a natureza dos mecanismos que governam a síntese de proteínas, a habilidade dos sistemas biológicos de se modificar em virtude de suas experiências anteriores, e a capacidade do organismo de distinguir e de reagir contra os elementos que lhe são estranhos. Uma teoria da imunidade deveria ligar todas estas questões e expressá-las na linguagem bioquímica e genética. Então seria necessário identificar os elementos, presumivelmente as células, que preservam a “memória imunológica”, os mecanismos bioquímicos que as ativam e permitem uma rápida síntese de anticorpos por estas células, tanto quanto as bases químicas da reatividade seletiva às moléculas reconhecidas como “estranhas” ao organismo.

Em 1940, o cientista inglês Peter Medawar demonstrou que um segundo enxerto de pele, originado do mesmo doador, é rejeitado mais rapidamente do que o primeiro, e concluiu que se tratava de um fenômeno imunitário. Esta observação, unida às informações sobre a “tolerância” dos glóbulos estranhos transplantados entre carneiros gêmeos que tinham a circulação do sangue cruzada durante a gestação, serviram como ponto de partida para a proposição de Burnet de que a primeira etapa dos mecanismos de imunidade é a distinção entre o “próprio” e o “não próprio” e a reação a este último. As reações imunitárias terão então um componente inato, a combinação das moléculas que constituem o próprio, e um componente adquirido, a aprendizagem do reconhecimento dos “marcadores do próprio” pelas células implicadas nas reações imunitárias.

A visão fisiológica da imunidade, fundada sobre a distinção entre próprio e não próprio, foi adotada rapidamente pelos pesquisadores e médicos. A percepção da imunidade como “reação contra o não próprio” trouxe de volta uma significação fisiológica a uma série de fenômenos antes difíceis de explicar. A percepção da imunidade como mecanismo de discriminação entre “próprio” e “não próprio” e a explicação clonal, logo celular, do funcionamento destes mecanismos, permitiram o desenvolvimento da “nova imunologia”, uma sub-especialidade biológica que percebe as reações imunitárias como mecanismos fisiológicos implicados no funcionamento normal do organismo e em muitos estados

patológicos, e que estuda um grupo de mecanismos celulares de imunidade, “o sistema imunológico.”

O que ocorreu então com as metáforas da guerra, aquelas que estigmatizaram uma luta sem misericórdia contra um inimigo exterior? Mesmo com o advento da “nova imunologia” e da percepção da imunidade como um sistema fisiológico mais e mais complexo, a visão de imunidade como uma “luta do organismo contra as doenças” jamais desapareceu do imaginário dos médicos e pacientes. Ela continuou a coexistir com a nova visão fisiológica desta disciplina.

Dois exemplos recentes que permitem ilustrar a coexistência na medicina atual, da percepção da imunidade como mecanismo fisiológico com a visão da imunidade como uma grande máquina de guerra, é o caso da AIDS e os tratamentos imunológicos do câncer.

A AIDS, grave imunodeficiência observada em 1981 em certas populações bem determinadas, foi percebida inicialmente como uma síndrome complexa e presumivelmente multicausal. A descoberta de que ela seria de fato uma nova doença infecciosa promoveu a proliferação da imagem da guerra, o que tornou a AIDS o resultado do ataque de um vírus (o HIV), particularmente virulento. Estas imagens induziram descrições populares da doença pela mídia e também orientaram as representações profissionais desta doença. A patologia da AIDS foi analisada como resultado de uma agressão direta das partículas virais contra o sistema imunológico e o sistema nervoso. Os esforços para encontrar uma terapêutica estavam centrados no desenvolvimento de tratamentos capazes de eliminar o HIV.

A percepção da AIDS como desordem induzida por uma única causa, o HIV, chocou-se com as complexidades da patologia e da epidemiologia desta doença. O conjunto de manifestações da AIDS são dificilmente redutíveis aos efeitos conhecidos do HIV sobre as células humanas, o que conduziu alguns pesquisadores à hipótese de que a AIDS seria uma doença auto-imune. Esta visão dos efeitos ligados à infecção pelo HIV apresentava uma imagem muito diferente daquela de ataque a um inimigo exterior, o vírus, que se introduz no sangue, persistindo na destruição das células que ali circulam. Contudo, uma percepção, auto-imune ou outra, da AIDS como resultado de uma interação complicada entre fatores externos e internos, não abolirá a imagem feita anteriormente desta doença, como conseqüência de um ataque de uma força hostil. Algumas estratégias da terapia e prevenção continuarão fundadas sobre a imagem da guerra.

Da mesma forma, a imunoterapia do câncer foi concebida em termos de intervenção na complexa rede dos circuitos reguladores. As moléculas usadas na terapia do câncer, os interferons e as interleucinas, são descritas como tendo algumas atividades fisiológicas múltiplas. Porém, quando estas mesmas moléculas são usadas na terapia do câncer, sua imagem muda de repente. Artigos clínicos apontam somente uma atividade da interleucina, a capacidade para ativar as células assassinas. Ela dá aos glóbulos brancos o poder de eliminar as células malignas. O mesmo termo - células assassinas - remete imediatamente a um vocabulário de guerra.

Os artigos de divulgação científica que expõem as novas terapias do câncer tornam tangível o vocabulário da guerra ao interpretar as imagens do microscópio de varredura: “nestas imagens, percebemos uma célula cancerosa, em geral muito grande e de forma irregular, circundada de muitas células, os linfócitos ‘matadores’. Nas fotos seguintes, a mesma célula ‘monstruosa’ é mostrada deformada e espedaçada, defendida por valiosos ‘soldados’ pertencentes ao ‘exército de defesa’ do corpo”. Estas representações da guerra não são reservadas ao grande público nas publicações destinadas aos profissionais, alguns advogados da imunoterapia do câncer têm recorrido a linguagem semelhante, se bem que mais esmaecida. Por outro lado, artigos de divulgação científica às vezes apresentam os dois registros: as interleucinas, que “armam” as células “matadoras” são apresentadas ao mesmo tempo como “substâncias naturais” que ativam os mecanismos fisiológicos. Os autores desses artigos se opõem, portanto, aos métodos mais “agressivos” de terapia do câncer, como a cirurgia, a radioterapia e a quimioterapia dos tumores malignos.

A imunologia atual, como aquela do final do século XIX, oscila entre as metáforas da guerra, que descrevem os mecanismos de imunidade como uma arma defensiva, e as representações do “sistema imunológico” como um mecanismo fisiológico de base do organismo. As primeiras imagens são mais freqüentes nas narrações de popularização enquanto a visão fisiológica da imunologia entra mais e mais no domínio público.

II.3 O CONHECIMENTO ATUAL SOBRE IMUNOLOGIA

Com o objetivo de permitir uma breve visão dos conhecimentos atuais da imunologia, resumiremos aqui as informações contidas em Janeway e Travers (1997). As expressões utilizadas e as figuras indicadas no decorrer do texto foram mantidas como no original.

1. Componentes do sistema imunológico

O sistema imunológico inato é composto pelos *leucócitos polimorfonucleares* (*basófilos, eosinófilos, neutrófilos, monócitos*) que circulam pelo sangue, e pelos *macrófagos e mastócitos* que, uma vez amadurecidos, migram para os tecidos do corpo.

O sistema imunológico adaptativo é composto pelos *linfócitos*. Existem dois tipos principais de linfócitos: os *linfócitos B*, que amadurecem na medula óssea, e os *linfócitos T*, que amadurecem no timo. Os linfócitos recirculam, continuamente, do sangue para os órgãos linfóides periféricos, retornando ao sangue através dos vasos linfáticos.

A medula óssea e o timo são conhecidos como órgãos linfóides centrais. Os três principais tipos de tecido linfóide periférico são: o baço, que coleta antígenos do sangue; os linfonodos, que apanham o antígeno dos sítios de infecção nos tecidos; e o tecido linfóide associado ao intestino, que recolhe antígenos do intestino. Outros epitélios também possuem tecido linfóide difuso a eles associados e são conhecidos como: tecido linfóide associado aos brônquios e tecido linfóide associado às mucosas.

2. Princípios da imunidade inata e da imunidade adaptativa

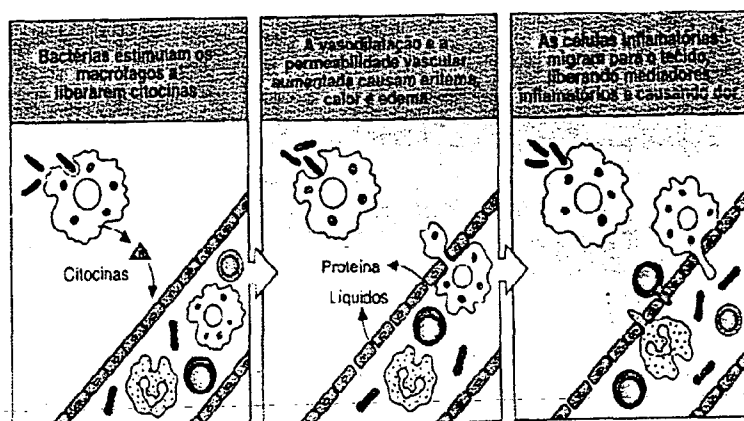
Imunidade inata

Os fagócitos do sistema imunológico inato são os primeiros a atuarem no controle dos microorganismos comuns e são essenciais para o controle das infecções bacterianas habituais. Contudo, eles não podem sempre eliminar os organismos infectantes e há muitos patógenos com os quais ele não consegue reagir.

As células do sistema imunológico inato desempenham importante papel na iniciação e no direcionamento posterior das respostas imunes adaptativas. Uma vez que há uma demora de quatro a cinco dias antes que a resposta imune adaptativa surta seus efeitos, a resposta inata apresenta um papel crítico no controle das infecções durante este período de tempo.

Na resposta inata, os macrófagos e os neutrófilos possuem receptores de superfície que evoluíram para exercer o reconhecimento de muitos constituintes comuns de superfícies microbianas. As moléculas bacterianas que se ligam a tais receptores estimulam as células a ingerirem a bactéria e também induzem a secreção de citocininas e outros mediadores químicos pelos macrófagos. O efeito das citocininas liberadas pelos macrófagos nos vasos sanguíneos é coletivamente conhecido como *inflamação*. A vasodilatação e a permeabilidade aumentada dos vasos sanguíneos levam ao aumento de fluxo de sangue local e ao vazamento de fluidos, sendo responsáveis pelo calor, pela vermelhidão e pelo edema. As citocininas também têm importantes efeitos sobre as propriedades adesivas do endotélio, possibilitando a adesão dos leucócitos às células da parede vascular e a migração para o local da infecção. A migração celular para os tecidos e suas ações locais determinam a dor (Figura 1.11).

Fig. 1.11 - A infecção bacteriana inicia uma resposta inflamatória. Os macrófagos que encontram bactérias nos tecidos são induzidos a liberar substâncias químicas que aumentam a permeabilidade dos vasos sanguíneos, permitindo que líquidos e proteínas passem para os tecidos. A adesividade das células endoteliais também se modifica, de modo que as células aderem à parede do vaso, sendo capazes de se movimentarem através da mesma: os macrófagos e os neutrófilos estão penetrando no tecido infectado, a partir de um vaso sanguíneo. O acúmulo de fluido e de células no local da infecção causa o edema, o calor e a dor, que são coletivamente conhecidos como *inflamação*. Os macrófagos e os neutrófilos são as principais células inflamatórias. Mais tarde numa resposta imune nos linfócitos ativados também podem contribuir para a inflamação.



Os principais tipos de células vistos em uma resposta inflamatória, em sua fase inicial, são os neutrófilos, seguidos pelos macrófagos, por isso estas células são chamadas de células inflamatórias.

Os mecanismos da imunidade inata são efetivos na eliminação de muitos agentes bacterianos, mas se limitam àquelas bactérias que são portadoras de moléculas superficiais, comuns a muitas bactérias que permaneceram invariáveis no curso da evolução, de modo que possam ser reconhecidas pelos neutrófilos e macrófagos. Muitas bactérias evoluíram para a formação de cápsulas que lhes permitem recobrir estas moléculas e assim, evitar a reação das células fagocitárias. Os vírus não são portadores dessas moléculas invariáveis, e portanto, nunca reagem com os fagócitos.

Resposta imune adaptativa

As respostas inflamatórias, em uma etapa posterior da infecção, envolvem os linfócitos, que efetuam uma resposta imune adaptativa, ativada pelo antígeno em drenagem no local da infecção, via vasos linfáticos, para o linfonodo local. Os constituintes bacterianos induzem modificações nas moléculas da superfície dos macrófagos, o que é importante para a indução das respostas imunes adaptativas.

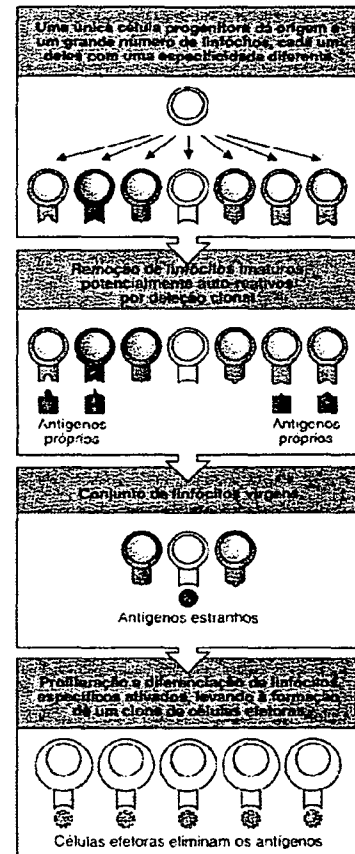
Em vez de carregar vários receptores, capazes de reconhecer uma molécula de superfície específica do agente infectante, cada linfócito virgem que penetra na corrente circulatória é portador de apenas uma única especificidade, determinada por um mecanismo genético único, que opera durante o desenvolvimento dos linfócitos. Somente os linfócitos que encontram o antígeno com o qual o seu receptor pode interagir serão ativados para proliferar e se diferenciar em células efetoras. O mecanismo seletivo, que é o princípio central da imunidade adaptativa, foi proposto por McFarlane Burnet, ao qual deu o nome de Teoria da Seleção Clonal (Figura 1.12, p.52).

A teoria da seleção clonal diz que, durante seu curso de desenvolvimento, cada progenitor de linfócitos é capaz de dar origem a um certo número de linfócitos, cada um portador de um receptor de antígeno distinto. Os linfócitos com receptores que se ligam a antígenos próprios, ou seja, a antígenos que fazem parte da constituição do corpo humano, são eliminados precocemente no desenvolvimento, antes que se tornem capazes de reagir, assegurando assim, a tolerância ao próprio. Quando o antígeno interage com o receptor de um linfócito maduro, tal célula é ativada, tornando-se uma célula blástica (linfoblasto) que começa a se dividir, originando um clone de progênie idêntica, cujos receptores reconhecem o mesmo antígeno. A especificidade face ao antígeno é assim mantida, enquanto a progênie

prolifera e se diferencia em células efetoras. Uma vez eliminado o antígeno por estas células efetoras, cessa a resposta imune.

Fig. 1.12 - A hipótese da seleção clonal. Durante seu curso normal de desenvolvimento, cada progenitor de linfócitos é capaz de dar origem a um número de linfócitos, cada um portador de um receptor de antígeno distinto. Os linfócitos com receptores que se ligam a antígenos próprios são eliminados precocemente no desenvolvimento, antes que se tornem capazes de responder, assegurando, assim, a tolerância ao próprio. Quando o antígeno

interage com o receptor num linfócito maduro, tal célula é ativada, tornando-se uma célula blástica (linfoblasto) que começa a se dividir. Origina-se um clone de progênie idêntica, cujos receptores reconhecem o mesmo antígeno. A especificidade face ao antígeno é, assim, mantida enquanto a progênie prolifera e se diferencia em células efetoras. Uma vez eliminado o antígeno por essas células efetoras, cessa a resposta imune.



A estrutura das moléculas do anticorpo ilustra o problema da diversidade do receptor linfocitário de antígenos: a molécula de anticorpo tem forma de Y, sendo que os dois braços contêm regiões variáveis que formam os dois sítios de ligação com o antígeno. O tronco pode assumir uma entre um número limitado de formas e é conhecido como região constante. Tal região engaja os mecanismos efetores que os anticorpos ativam com vistas à eliminação dos patógenos (Figura 1.14).



Fig. 1.14 - Estrutura da molécula de um anticorpo. Os dois braços da molécula de anticorpo em forma de Y contêm as regiões variáveis que formam os dois sítios idênticos de ligação com o antígeno. O tronco pode assumir uma entre um número limitado de formas e é conhecido como região constante. Tal região engaja os mecanismos efetores que os anticorpos ativam com vistas à eliminação dos patógenos.

Após a ativação pelo antígeno, os linfócitos devem proliferar antes que sua progênie finalmente se diferencie em células efectoras e esta expansão clonal é uma característica de todas as respostas imunes adaptativas.

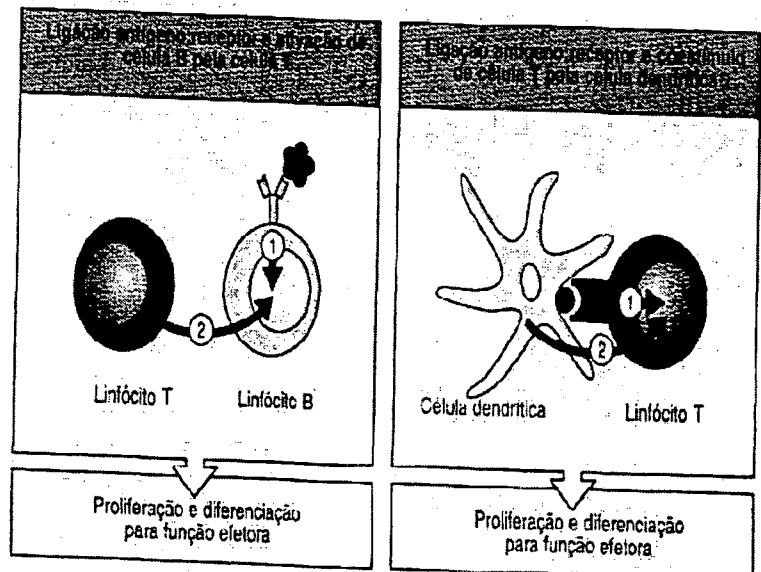
A ativação e a proliferação linfocitárias são iniciadas nos tecidos linfóides, onde o antígeno é captado por células especializadas que exibem o antígeno para os linfócitos recirculantes virgens à medida em que eles migram através do tecido linfóide, antes do seu retorno à corrente sanguínea pela linfa. Reagindo com seu antígeno específico, o pequeno linfócito interrompe sua migração, aumenta de tamanho e, em poucas horas, a célula parece totalmente diferente, sendo chamada de linfoblasto. A célula começa a se dividir normalmente durante três a cinco dias, de modo que o linfócito original dá origem a um clone com cerca de 1000 células filhas idênticas. Estas então passam a se diferenciar em células efectoras, capazes de produzir anticorpos (células B), ou destruir células infectadas e ativar outras células do sistema imunológico (células T).

Depois de ter sido ativado, um linfócito leva de quatro a cinco dias para completar sua expansão clonal e para se diferenciar em célula efetora. Esta é a razão pela qual as respostas imunes adaptativas só ocorrem após um período de latência. Algumas células antígeno-específicas, geradas pela expansão clonal, persistem após o antígeno ter sido metabolizado e formam a base da memória imune, que assegura uma resposta mais rápida e mais efetiva depois de um segundo encontro com um patógeno, proporcionando uma imunidade duradoura.

Os tecidos linfóides secundários, como o baço e os linfonodos, são especializados não somente para a captura do antígeno, mas também para a promoção de interações celulares, necessárias para o início das respostas imunes adaptativas.

Todas as respostas linfocitárias ao antígeno (ativação do linfócito) requerem um segundo sinal de uma outra célula, isto é, além de receberem um sinal por meio do seu receptor de antígeno, os linfócitos maduros devem receber também um segundo sinal, a fim de se tornarem ativados. Para a maior parte das respostas de células B, o segundo sinal provém de uma célula T (função de estimular a produção de anticorpos). Para as células T, o segundo sinal pode ser emitido por qualquer um dos três tipos seguintes: células dendríticas ou células apresentadoras de antígeno, macrófagos e células B (Figura 1.18).

Fig. 1.18 - A ativação do linfócito exige dois sinais. Além de receber um sinal por meio de seu receptor de antígeno, os linfócitos maduros devem receber também um segundo sinal, a fim de se tornarem ativados. Para as células B (quadro esquerdo), o segundo sinal é emitido usualmente por uma célula T. Para as células T (quadro direito), este segundo sinal é liberado por uma célula apresentadora de antígeno profissional, apresentada aqui como uma célula dendrítica.



3. Mecanismos de eliminação dos agentes patogênicos

Os mecanismos pelos quais os agentes patogênicos reagem com os linfócitos e finalmente metabolizados numa resposta imune bem sucedida são diferentes pois existem diferentes patógenos com estilos de vida diversos. Entretanto, estes mecanismos efetores, que operam numa resposta imune adaptativa, são essencialmente idênticos aos da imunidade inata.

Existem dois tipos diferentes de receptores de antígenos: a imunoglobulina de superfície das células B e o receptor de antígeno menor das células T. Estes receptores de

superfície são adaptados para reagirem com o antígeno de duas maneiras: as células B reagem com o antígeno fora das células, onde são encontradas, por exemplo, a maior parte das bactérias e as células T podem detectar antígenos gerados dentro das células, como os vírus, por exemplo.

Células B ou Linfócitos B

Os patógenos extracelulares e suas toxinas são eliminados pelos anticorpos, que foram o primeiro produto específico da resposta imune a ser identificado. Os anticorpos são encontrados no plasma e nos fluidos extracelulares. Como os fluidos foram conhecidos como humores, a imunidade mediada por anticorpos é referida como *Imunidade humoral*.

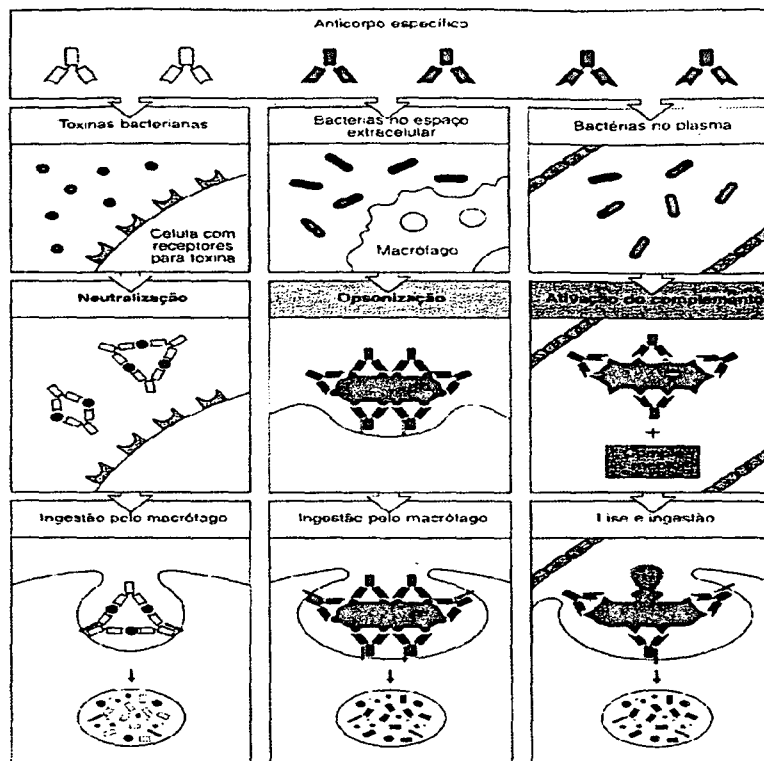
Os mecanismos de eliminação dos patógenos extracelulares são (Figura 1.21):

Neutralização: é a maneira mais simples; reside na união dos anticorpos aos agentes patogênicos ou toxinas, bloqueando seu acesso às células que podem infectar ou destruir. É importante na proteção contra toxinas bacterianas ou contra agentes, tais como os vírus, que podem ser impedidos de penetrarem nas células onde iriam se replicar.

Opsonização: a reação com os anticorpos não é suficiente, para por si própria, conter a replicação de bactérias fora das células. Neste caso, a função do anticorpo é a de estimular uma célula fagocitária a ingerir e destruir o microorganismo. Isto é importante para as muitas bactérias que resistem ao reconhecimento direto pelos fagócitos. Alternativamente, os fagócitos reconhecem a região constante dos anticorpos que recobrem a bactéria.

Complemento: os anticorpos ativam um sistema de proteínas plasmáticas, conhecidas como complemento, que pode destruir diretamente as bactérias, o que é importante em algumas infecções bacterianas. Seu papel principal, como o dos anticorpos, é possibilitar que os fagócitos ingiram e destruam bactérias que, de outro modo não poderiam reconhecer. O sistema é assim chamado porque complementa as atividades dos anticorpos.

Fig. 1.21 - Os anticorpos podem participar da defesa do hospedeiro de três modos diferentes. A coluna da esquerda mostra anticorpos ligando-se a e neutralizando uma toxina bacteriana, impedindo-a de interagir com células hospedeiras e de causar patologia. A toxina não ligada pode reagir com receptores da célula hospedeira, enquanto o complexo toxina:anticorpo não pode. Os anticorpos também neutralizam partículas completas de vírus e células bacterianas, ligando-se a elas e, assim, causando sua neutralização. O complexo antígeno:anticorpo é finalmente varrido e degradado pelos macrófagos. Anticorpos que recobrem um antígeno (o tornam reconhecível como um elemento estranho para os fagócitos que então o ingerem e destroem): (macrófagos e leucócitos polimorfonucleares), que o ingere e destrói; tal processo é chamado opsonização. A coluna central exibe a opsonização e a fagocitose de uma célula bacteriana. A coluna da direita mostra a ativação do sistema complemento pelos anticorpos que recobrem uma célula bacteriana. Os anticorpos ligados formam um receptor para a primeira proteína do sistema complemento, que finalmente forma um complexo porético na superfície bacteriana, o qual, em alguns casos, pode lisar diretamente a bactéria mas geralmente favorece a ingestão e a destruição da bactéria pelos fagócitos. Assim, os anticorpos visam os germes patogênicos e seus produtos para sua devida eliminação pelos fagócitos.



Os anticorpos de diferentes isótipos são encontrados em diferentes compartimentos do corpo e diferem quanto aos mecanismos efetores que recrutam, mas todos os germes e partículas ligadas pelo anticorpo são por fim entregues aos fagócitos para a ingestão, degradação e remoção do hospedeiro (Figura 1.21, p.55, quadros inferiores).

O sistema de complemento e os fagócitos recrutados pelos anticorpos não são antígeno-específico; eles dependem das moléculas de anticorpos para marcar as partículas como estranhas. Os anticorpos são a única contribuição das células B para a resposta imune adaptativa, ao passo que as células T possuem uma variedade de funções efetoras.

Células T ou Linfócitos T

As células T são necessárias para o controle de agentes patogênicos intracelulares e para a ativação das respostas de células B frente à maior parte dos antígenos.

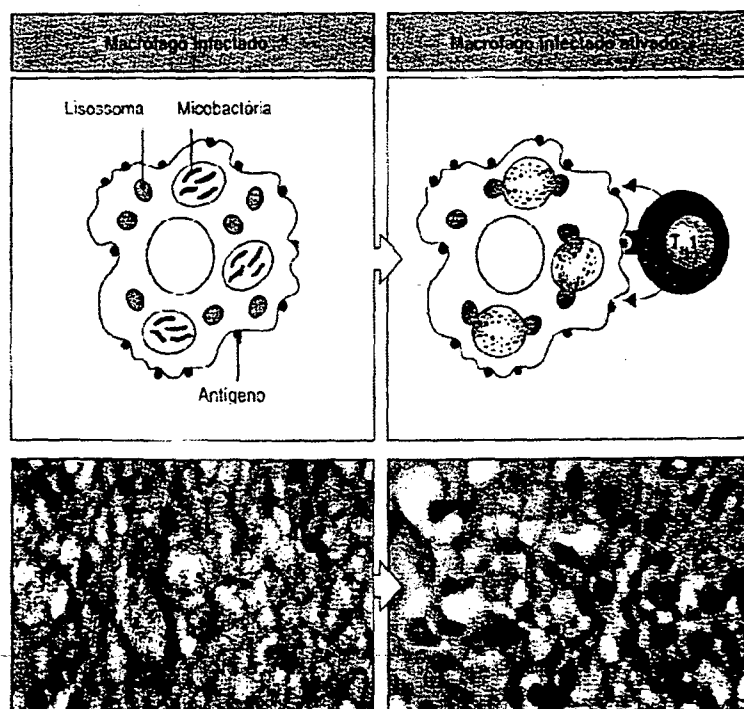
Os patógenos são acessíveis aos anticorpos apenas enquanto estiverem na corrente circulatória ou nos espaços extracelulares, mas algumas bactérias patogênicas, alguns parasitas e todos os vírus, no entanto, replicam-se no interior de células e não podem ser detectados pelos anticorpos. A reação a tais patógenos é tarefa dos linfócitos T ou células T,

responsáveis pelas *respostas imunes mediadas por células* da imunidade adaptativa. As reações mediadas por células dependem de interações diretas entre os linfócitos T e as células portadoras do antígeno reconhecível pelas células T. Existem três tipos de células T, que atuam no controle de agentes patogênicos intracelulares e na ativação das células B.

Controle de patógenos intracelulares

Células T citotóxicas: estas células reconhecem as células infectadas por vírus, que replicam em seu interior utilizando seu mecanismo de biossíntese e determinam a morte celular, com liberação de novas partículas virais. Ao longo desse processo, os antígenos derivados dos vírus são expostos na superfície da célula infectada, onde são reconhecidos pelos linfócitos T citotóxicos, que controlam a infecção destruindo a célula antes de se completar a replicação viral (Figura 1.22).

Fig. 1.23 - Mecanismo de defesa do hospedeiro contra infecções intracelulares por micobactérias. As micobactérias infectam os macrófagos e vivem nas vesículas citoplasmáticas que resistem à fusão com os lisossomas e à conseqüente destruição das bactérias pela atividade bactericida dos macrófagos. No entanto, quando a célula T apropriada, uma célula T inflamatória (T_H1), reconhece um macrófago infectado, libera moléculas ativadoras de macrófagos ou citocinas que induzem a fusão lisossômica e a ativação das funções bactericidas. A eliminação das micobactérias das vesículas de macrófagos ativados pode ser vista nas microfotografias sob microscopia óptica (carreira inferior) de macrófagos em repouso (esquerda) e ativados (direita), infectados com o *Mycobacterium tuberculosis*. As células foram coradas pelo método de álcool-ácido-resistência, a fim de revelar a presença de micobactérias, que são proeminentes nos macrófagos em repouso, mas foram eliminadas dos macrófagos ativados. Fotografias por cortesia de G. Kaplan.



Todos os efeitos dos linfócitos T dependem das interações com células que contêm proteínas estranhas. No caso das células T citotóxicas e inflamatórias, as proteínas são aquelas produzidas pelos patógenos que infectam as células-alvo. As células auxiliares, por outro lado, reconhecem e interagem com as células B que possuem antígeno estranho ligado e internalizado via imunoglobulina de superfície. Em todos os casos, as células T

reconhecem seus alvos mediante a detecção de fragmentos peptídicos derivados dessas proteínas estranhas, ligadas a moléculas de superfície das células infectadas ou dos linfócitos B. As moléculas que expõem o antígeno peptídico às células T são glicoproteínas de membrana chamadas *moléculas MHC - major histocompatibility complex*.

Reconhecendo seus alvos, os três tipos de células T são estimulados a liberarem diferentes conjuntos de moléculas efetoras, as quais afetam diretamente as células-alvo e ajudam a recrutar outras células efetoras. Muitas citocininas se incluem entre essas moléculas efetoras, realizando uma parte crítica na expansão clonal dos linfócitos, assim como nas respostas imunes inatas e nas ações efetoras da maioria das células imunes. Como conseqüência, este é um aspecto central no entendimento do sistema imunológico.

4. Defesa do hospedeiro contra a infecção

Os microorganismos que são encontrados diariamente na vida de um indivíduo sadio normal apenas ocasionalmente causam doença perceptível. Contudo, diversos microorganismos podem causar doença, sendo que os organismos patogênicos pertencem a cinco tipos principais: os vírus, as bactérias, os fungos, os protozoários e os vermes.

A maior parte deles é detectada e destruída em questão de horas pelos mecanismos que não são antígeno específicos e não exigem um período prolongado de indução: estes são os mecanismos de imunidade inata. Somente se um microorganismo infeccioso puder quebrar estas linhas iniciais de defesa deverá se desenvolver uma resposta imune adaptativa, com geração de células efetoras antígeno-específicas que visam a destruição do patógeno, e de células da memória que previnem as infecções subseqüentes pelos mesmos patógenos. A duração das diferentes fases da resposta imune é esquematizada na figura 9.1.



Fig. 9.1- A resposta a uma infecção inicial ocorre em três fases. Os mecanismos efetores que removem o agente infeccioso (ex.: fagócitos, células NK, complemento) são similares ou idênticos em cada fase, mas os mecanismos de reconhecimento são diferentes. A imunidade adaptativa ocorre tarde, porque raras células

antígeno-específicas devem sofrer expansão clonal antes que possam se diferenciar em células efetoras. A resposta à reinfecção é muito mais rápida; anticorpos pré-formados e células efetoras atuam imediatamente sobre o microorganismo, e a memória imune acelera uma resposta adaptativa renovada.

Os mecanismos da imunidade inata atuam imediatamente, e são seguidos algumas horas mais tarde pelas respostas iniciais induzidas, as quais podem ser ativadas pela infecção, mas não produzem imunidade protetora duradoura. Essas fases iniciais ajudam a manter a infecção sob controle, enquanto os linfócitos antígeno-específicos da resposta imune adaptativa são ativados. Além disso, citocininas produzidas durante estas etapas precoces executam papel importante no mapeamento do desenvolvimento subsequente da memória adaptativa, e podem determinar se a resposta imune será predominantemente mediada por células T ou de natureza humoral. Vários dias são necessários para a expansão clonal e para a diferenciação dos linfócitos virgens em células T efetoras e células produtoras de anticorpos que defendem o hospedeiro infectado. Durante este período de tempo, estabelece-se a memória imune específica, proporcionando proteção duradoura contra reinfecções pelo mesmo agente.

Infecção e imunidade inata

O processo infeccioso pode ser dividido em várias fases distintas, cada uma das quais passível de ser bloqueada por diferentes mecanismos imunológicos. Inicialmente a infecção pode ser estabelecida pelas partículas infectantes disseminadas por um indivíduo infectado. O número, a via, o modo de transmissão e a estabilidade de um agente infectante fora do hospedeiro determinam sua infectividade.

Embora o organismo seja constantemente exposto aos agentes infecciosos, a doença infecciosa é bastante rara. As superfícies epiteliais do corpo servem como uma barreira eficaz face à maioria dos microorganismos. A infecção somente deverá ocorrer quando o patógeno puder cruzar essa barreira epitelial, e poucos danos serão causados, a menos que o agente possua capacidade de disseminação. Os patógenos dotados de parasitismo extracelular se disseminam por extensão direta do centro infeccioso, via vasos linfáticos ou sangüíneos. Os parasitas intracelulares obrigatórios devem se disseminar célula a célula, seja pelo contato direto de uma célula com a outra, seja pela sua liberação nos fluidos extracelulares e a reinfeção de unidades celulares adjacentes ou distantes.

Enquanto a maior parte dos patógenos é repelida pelas defesas inatas do hospedeiro, uma infecção inicial, uma vez estabelecida leva, geralmente, à doença perceptível, seguida de uma resposta imune efetiva. A cura envolve a eliminação tanto das partículas extracelulares como dos resíduos intracelulares da infecção. Além da eliminação do agente causal da infecção, uma resposta adaptativa eficaz deve prevenir a reinfeção. A figura 9.2 resume os mecanismos defensivos ativados em cada etapa progressiva de uma infecção.

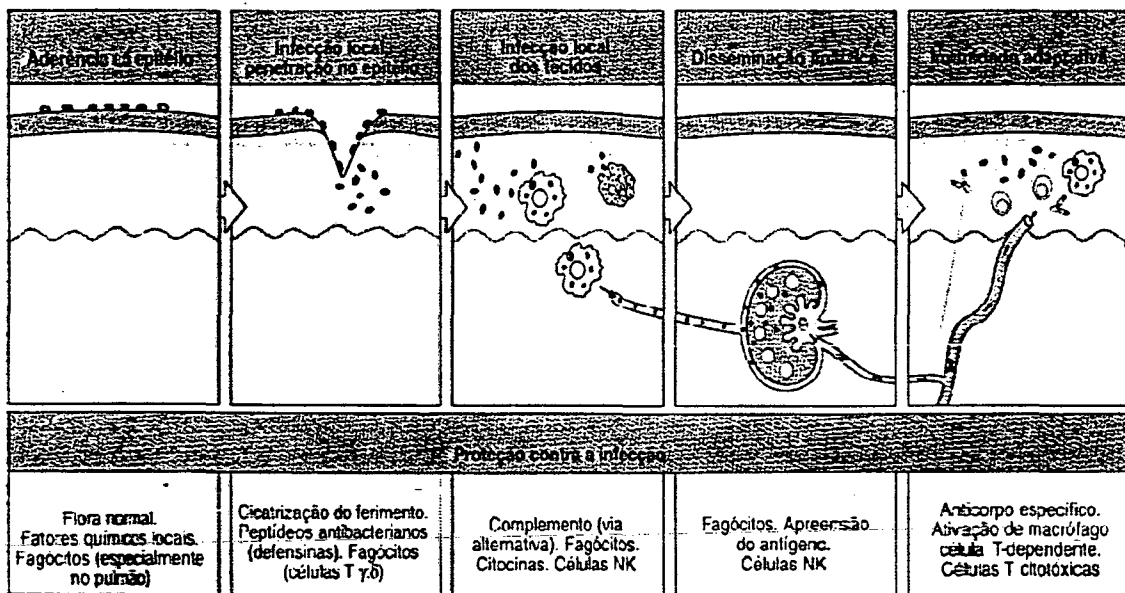


Fig. 9.2 - As infecções e as respostas contra elas podem ser divididas numa série de etapas. Estas fases estão aqui ilustradas para um microorganismo que penetra através do epitélio, a porta de entrada mais comum. Em primeiro lugar, o agente infectante deve

aderir às células epiteliais para, então, cruzar o epitélio. Uma resposta local não adaptativa ajuda a conter a infecção e libera antígeno nos linfonodos da região, levando a uma imunidade adaptativa e à eliminação da infecção.

Respostas não adaptativas do hospedeiro contra a infecção

Se os patógenos puderem escapar ou sobrepujar as defesas inatas, a infecção pode ainda ser contida por uma segunda onda de respostas, envolvendo a ativação de uma variedade de mecanismos efetores humorais ou celulares – são as respostas induzidas precoces. Estas envolvem mecanismos de reconhecimento baseados em receptores relativamente invariáveis e não conduzem a uma imunidade protetora duradoura contra o agente indutor, o que é uma característica da imunidade adaptativa. Em vez disso, a mesma resposta induzida precoce é usualmente realizada face a todos os patógenos.

As respostas induzidas precoces são importantes por duas razões: elas podem repelir um patógeno ou, mais freqüentemente, mantê-lo sob controle até que possa ser efetuada uma resposta imune adaptativa. As reações precoces ocorrem rapidamente porque não requerem expansão clonal, ao passo que as respostas adaptativas têm um período latente de expansão, antes que os linfócitos em proliferação amadureçam em células efetoras capazes de eliminar a infecção; tais respostas precoces influenciam a resposta adaptativa de vários modos.

Uma função da resposta imune inata é de recrutar mais células fagocitárias e moléculas efetoras para o local da infecção, através da liberação de citocininas e outros mediadores inflamatórios. Os efeitos combinados desses mediadores contribuem para as reações locais contra a infecção, na forma de uma resposta inflamatória que provoca alterações nos vasos sangüíneos locais: aumento do diâmetro vascular e diminuição na velocidade do fluxo sangüíneo.

Sob condições de normalidade, os leucócitos são mantidos no eixo dos vasos sangüíneos, onde o fluxo sangüíneo é mais rápido. Nos locais de inflamação, onde os vasos estão dilatados, o fluxo mais lento permite que os leucócitos se movam para fora do eixo vascular e interajam com o revestimento endotelial.

Um segundo efeito desses mediadores sobre o endotélio é o de induzir a expressão de moléculas de adesão que se unem à superfície de monócitos e de leucócitos polimorfonucleares circulantes, aumentando de modo significativo o ritmo pelo qual tais células fagocitárias migram através da parede dos pequenos vasos locais para os tecidos onde se diferenciam em macrófagos.

As modificações moleculares da superfície das células endoteliais induzidas pelos mediadores inflamatórios levam, também, à expressão de moléculas nas células endoteliais que deflagram a coagulação sanguínea nestes pequenos vasos locais, obstruindo o fluxo de sangue. Isto pode ser importante na tentativa de impedir que o agente infeccioso entre na corrente circulatória, disseminando-se via sangue, para os órgãos de todo o corpo. Em vez disso, o fluido que vazou para os tecidos a partir do plasma transporta o patógeno, diretamente ou encerrado em uma célula fagocitária, via sistema linfático, para os linfonodos regionais, onde pode se iniciar uma resposta imune adaptativa.

A imunidade adaptativa contra a infecção

Não se sabe como muitas infecções são resolvidas apenas através dos mecanismos não adaptativos da defesa do hospedeiro pois, uma vez que são eliminadas, tais infecções pouco produzem em termos de sintomatologia ou de patologia. Além disso, as deficiências não adaptativas são raras, de modo que apenas tem sido possível estudar suas conseqüências.

A resposta adaptativa é iniciada quando uma infecção supera os mecanismos de defesa inata e gera um determinado patamar de antígeno. Este antígeno dá início a uma resposta imune adaptativa, que se torna efetiva somente após vários dias, o tempo exigido para que as células T e B antígeno-específicas proliferem e se diferenciem em células efetoras. Ao longo deste período de tempo, o agente patogênico continua a crescer no hospedeiro, mantido sob controle apenas pelos mecanismos inatos e não adaptativos.

A imunidade adaptativa compreende dois tipos de respostas: a resposta imune mediada por células, com a ativação das células ou linfócitos T; e a imunidade humoral, mediada por anticorpos. A função de uma resposta imune adaptativa primária contra uma infecção é a de eliminar a infecção primária do hospedeiro, proporcionando-lhe proteção contra reinfecções pelos mesmos agentes.

A imunidade contra reinfecções é chamada imunidade protetora e sua indução é o objetivo do desenvolvimento de vacinas. A imunidade protetora consta de dois componentes: os reagentes imunes gerados na infecção inicial ou por meio da vacinação e a memória imune persistente. Esta imunidade protetora pode exigir a presença de reagentes pré-formados, tais como as moléculas de anticorpo ou as células T efetoras armadas. Assim,

a imunidade protetora pode envolver mecanismos efetores que não operam na eliminação de uma infecção primária. Os reagentes pré-formados também podem levar o sistema imunológico a responder mais rapidamente e com maior eficiência face a uma segunda exposição ao agente patogênico. Desse modo, na presença de anticorpos, a opsonização e a fagocitose de microorganismos será mais proveitosa.

Memória imune

Uma das conseqüências mais importante de uma resposta imune adaptativa é o estabelecimento de um estado de memória imune, que consiste na habilidade de o sistema imunológico responder mais rapidamente e mais efetivamente face aos agentes patogênicos já previamente encontrados, e reflete a pré-existência de uma população clonalmente expandida de linfócitos antígeno-específicos. As respostas de memória, que são chamadas secundárias, terciárias e assim por diante, dependendo do número de exposições ao antígeno, também diferem qualitativamente das respostas primárias. A maneira como se mantém a memória imune é ainda escassamente compreendida.

As células T responsáveis pela memória imune podem derivar de células T virgens, que foram ativadas pelo antígeno, de uma entre duas maneiras: uma possibilidade é que as células T virgens ativadas se diferenciem diretamente em células de memória, a outra é que estas se diferenciem primeiro em células efetoras, que então se tornam células de memória. As células B necessitam da estimulação das células T auxiliares para sua proliferação e formação de suas células de memória.

II.4 A UTILIZAÇÃO DE METÁFORAS NA IMUNOLOGIA ATUAL

Para confirmar o fato de que as metáforas são intrínsecas à imunologia, no texto onde relatamos o estado atual do conhecimento imunológico podemos perceber a intensa utilização de expressões metafóricas. O texto está repleto de expressões como: “destruir”, “ingerir”, “eliminar”, “reconhecer”, “recrutar”, “captura”, “barreira” e “defesa”; e até de expressões como: “células efetoras armadas”, “reconhecendo o seu alvo”, “quebrar estas

linhas iniciais de defesa” e “se os patógenos puderem escapar ou sobrepujar as defesas inatas”.

Algumas destas palavras poderiam ser substituídas por sinônimos em determinadas situações, como por exemplo, “reconhecer” por “reagir” ou “ingerir” por “fagocitar”. Outras expressões notadamente metafóricas como, por exemplo, “célula de memória”, parecem impossíveis de serem substituídas por outras não metafóricas e fazem parte do vocabulário imunológico, tanto entre os cientistas quanto nos textos de divulgação científica.

Estas expressões, como foi ressaltado por Löwy em 1996, nasceram dentro da imunologia moderna e são inseparáveis do imaginário imunológico. Mesmo com o advento da nova imunologia e da percepção da imunidade como um sistema fisiológico complexo, a visão de imunidade como uma “luta do organismo contra as doenças” não desapareceu do imaginário da área.

Neste texto destinado ao ensino superior estas expressões se apresentam sem a explicitação de que se tratam de expressões metafóricas e são tomadas como palavras explicativas que substituem mecanismos mais complexos. As metáforas, segundo Rocha e El-Hani (1996), podem tornar mais eficiente a comunicação entre os pesquisadores e isto freqüentemente faz que elas se tornem o jargão de um campo de conhecimento, chegando até os textos de divulgação científica e livros didáticos. No entanto, estes autores alertam que é preciso ter cuidado com a utilização das metáforas, de forma que estas não sejam reificadas e interpretadas no sentido literal.

Capítulo III

O SISTEMA IMUNOLÓGICO E A METÁFORA DA GUERRA NOS LIVROS DIDÁTICOS

Este capítulo visa investigar a apresentação do sistema imunológico nos livros didáticos de ensino fundamental e médio mais utilizados nas escolas de Florianópolis/SC, observando a presença da metáfora da guerra nessa apresentação. Inicialmente faremos a caracterização do instrumento de pesquisa e da amostra estudada e nos tópicos seguintes faremos a análise dos livros didáticos de ensino fundamental e médio.

III.1 CARACTERIZAÇÃO DO INSTRUMENTO DE PESQUISA E DA AMOSTRA ESTUDADA

Como vimos no capítulo II, a metáfora da guerra exerceu e exerce uma forte influência no imaginário imunológico, visto que até hoje esta forma de linguagem é utilizada pelos cientistas e também na divulgação científica e nos livros didáticos. Por isso, consideramos importante a investigação de como o sistema imunológico é tratado nos livros didáticos de ensino fundamental e médio, pois estes são uma importante fonte de consulta das aulas de ciências e biologia dos professores de ensino fundamental e médio.

Para este estudo foram selecionadas cinco (05) coleções didáticas de ciências de ensino fundamental e cinco (05) coleções didáticas de biologia do ensino médio utilizadas nas escolas públicas de Florianópolis/SC. As coleções de ensino fundamental foram escolhidas com base na informação fornecida pela Secretaria Estadual de Educação de Santa Catarina, de que são os mais utilizados pelos professores de ciências do ensino fundamental e também por fazerem parte do Guia de Livros Didáticos de Ensino Fundamental, editado pelo MEC em 1998. Foram analisados os livros de 5ª, 6ª e 7ª séries do ensino fundamental, por serem estes os anos onde ocorre a inserção formal do conceito

de sistema imunológico ou “defesas” do corpo humano. Os livros do primeiro ciclo do ensino fundamental (1ª a 4ª série) não foram incluídos neste estudo por não apresentarem os assuntos do nosso interesse como tópicos de ensino, conforme estudo preliminar por nós realizado. Os livros de 8ª série não fizeram parte da análise por apresentarem como conteúdos principais os de química e física, que ficam fora da área de interesse deste trabalho. No total foram analisados 29 livros (Tabela 1), pois o volume de 5ª série de Silva Jr. et al. não foi localizado nas bibliotecas nas quais tivemos acesso.

Tabela 1 - Coleções selecionadas

Autores	Série/Ano	Título	Editora	Ano
BARROS, C. e PAULINO, W. R.	5ª	Ciências: O meio ambiente	Ática	1999
	6ª	Os seres vivos	Ática	1997
	7ª	O corpo humano	Ática	1997
CRUZ, D.	5ª	Ciências e educação ambiental: O meio ambiente	Ática	1995
	6ª	Ciências e educação ambiental: Os seres vivos	Ática	1999
	7ª	Ciências e educação ambiental: O corpo humano	Ática	1998
GOWDAK, D. e MARTINS, E.	5ª	Ciências: Natureza e Vida 5	FTD	1996
	6ª	Ciências: Natureza e Vida 6	FTD	1996
	7ª	Ciências: Natureza e Vida 7	FTD	1996
GOWDAK, D. e MATTOS, N. S.	5ª	Aprendendo ciências 5: ambiente, saúde, recursos naturais	FTD	1991
	6ª	Aprendendo ciências 6: seres vivos, saúde e ecologia	FTD	1991
	7ª	Aprendendo ciências 7: corpo humano, higiene e saúde, homem e ambiente	FTD	1991
SILVA JR., C. ET AL.	5ª	(Não localizado)		
	6ª	Ciências entendendo a natureza: Os seres vivos no ambiente	Saraiva	1992
	7ª	Ciências entendendo a natureza: O homem no ambiente	Saraiva	1993
AMABIS, J. M. e MARTHO, G. R.	1º	Biologia da células: origem da vida, citologia, histologia, embriologia	Moderna	1994
	2º	Biologia dos organismos: classificação, estrutura e função dos seres vivos	Moderna	1994
	3º	Biologia das populações: genética, evolução, ecologia	Moderna	1994
GOWDAK, D.	1º	Biologia 1: biologia celular	FTD	1993
	2º	Biologia 2: genética e evolução	FTD	1993
	3º	Biologia 3: seres vivos, estrutura e função	FTD	1993
LOPES, S.	1º	Bio 1: introdução à biologia e origem da vida, citologia, embriologia, histologia	Saraiva	1994
	2º	Bio 2: seres vivos	Saraiva	1992
	3º	Bio 3: genética, evolução, ecologia	Saraiva	1993
PAULINO, W. R.	1º	Biologia Atual 1: citologia, histologia	Ática	1998
	2º	Biologia Atual 2: seres vivos, fisiologia	Ática	1995
	3º	Biologia Atual 3: reprodução e desenvolvimento, genética, evolução, ecologia	Ática	1998
SOARES, J. L.	1º	Fundamentos de Biologia: a célula, os tecidos, embriologia	Scipione	1998
	2º	Fundamentos de Biologia: os seres vivos, estrutura e funções	Scipione	1998
	3º	Fundamentos de Biologia: genética, evolução, ecologia	Scipione	1999

Os livros de ensino médio selecionados para a análise foram os apontados como mais utilizados pelos professores participantes do Curso de Formação Continuada Projeto Pró-Ciências, em 1999.

As coleções foram analisadas de forma a detectar a presença de tópicos específicos sobre o sistema imunológico ou “defesas” do corpo/organismo, como é comumente chamado esse item nos livros didáticos.

Primeiramente, observamos a estrutura apresentada nas coleções de ensino fundamental e médio através de seus índices, com o objetivo de detectar quais livros apresentavam assuntos relacionados com o sistema imunológico. Nesta primeira análise, encontramos assuntos geralmente nos livros de 5ª ou 7ª séries, no caso do ensino fundamental, e nos livros de 2º ano do ensino médio.

Localizamos três capítulos referentes ao sistema imunológico nos livros de ensino fundamental e um capítulo nos livros de ensino médio, a saber (Anexos, p.151):

Ensino fundamental: “Defesas do corpo humano” em Barros e Paulino, 7ª série, cap. 12; “Defesas do organismo” em Gowdak e Mattos, 5ª série, cap. 4 e “O sangue e a defesa do corpo” em Silva Jr. et al., 7ª série, cap. 3.

Ensino médio: “Defesas do corpo” em Amabis e Martho, 2º ano, cap.26

Já nessa primeira análise, pudemos verificar que o sistema imunológico como tal não é tratado como um tópico de estudo em qualquer das coleções analisadas, isto é, esta expressão não é utilizada nos títulos dos capítulos localizados, sendo este assunto preferencialmente tratado sob o título de “defesa do organismo” ou “defesa do corpo/corpo humano”.

Em seguida, passamos para a análise interna dos capítulos, observando a sua estrutura e assuntos do sistema imunológico que foram abordados e também a utilização da metáfora da guerra nesses capítulos.

III.2 ANÁLISE DOS LIVROS DIDÁTICOS DE ENSINO FUNDAMENTAL

A estrutura de apresentação dos conteúdos nas cinco coleções analisadas foi bastante uniforme nos três anos investigados (5^a, 6^a e 7^a). Apesar de algumas variações quanto ao enunciado e à forma de abordagem, geralmente os livros de 5^a série tratam assuntos como: o ser vivo, o ambiente, o ar, o solo, a terra, a água e ecologia. Os livros de 6^a série tratam principalmente da classificação dos seres vivos, sendo que alguns abordam assuntos como diversidade, evolução e ecologia. Nos livros de 7^a série o assunto principal em todas as coleções foi o corpo humano, tratando de assuntos como constituição do corpo humano, funções, reprodução, entre outros.

As coleções selecionadas que apresentam capítulos sobre o sistema imunológico geralmente o fazem nos livros de 5^a ou 7^a série. As coleções de Gowdak e Martins e de Daniel Cruz não apresentaram capítulos referentes ao sistema imunológico ou às defesas do organismo. No livro de 5^a série de Gowdak e Martins encontramos um capítulo com assuntos relacionados com o sistema imunológico, que trabalhava a relação entre o ar e a saúde e as doenças transmitidas pelo ar. Como não se trata de um capítulo sobre sistema imunológico, foi desconsiderado.

Os três capítulos localizados foram analisados quanto à sua estrutura e assuntos abordados e também quanto à utilização da metáfora da guerra.

1. Estrutura e assuntos abordados

Na análise dos assuntos abordados nos capítulos referentes ao sistema imunológico, ou “defesas” do corpo humano, os resultados obtidos foram os seguintes:

“Defesas do corpo humano” de Barros e Paulino

O capítulo “Defesas do corpo humano” do volume de 7^a série de Barros e Paulino apresenta em sua estrutura assuntos como: as etapas de “defesa” do organismo contra os patógenos, as “defesas externas”, as primeiras “defesas internas” (saliva, tosse, etc.), as “defesas internas” do sistema linfático e do sistema imunológico. São tratados neste

capítulo assuntos como a linfa, “as primeiras defesas”, leucócitos, anticorpos e também a AIDS e as vacinas (Tabela 2).

Tabela 2 – Utilização da metáfora da guerra no capítulo “Defesas do corpo humano” de Barros e Paulino.

Assuntos – Subtítulos/Textos complementares	Utilização da metáfora da guerra
<ol style="list-style-type: none"> 1. Defesas do corpo humano 2. Ultrapassando para os capilares sanguíneos 3. A linfa 4. O sistema linfático 5. O nosso corpo se defende 6. As primeiras defesas 7. Leucócitos em ação 8. A produção de anticorpos 9. AIDS, uma deficiência do sistema imunológico 10. As vacinas 	<ol style="list-style-type: none"> 1. “Defesas do corpo humano” (p.134) “Nosso corpo apresenta diversas <i>defesas</i> contra agentes externos, a começar pela nossa pele: esta funciona como os <i>muros de castelos medievais</i>, impedindo a entrada de <i>inimigos</i>.” (p.134) “Porém, assim como os <i>castelos medievais</i>, nossa pele é vulnerável e os <i>inimigos</i> conseguem <i>invadi-la</i>.” (p.134) “Depois das <i>defesas externas</i> a ‘<i>linha de defesa</i>’ mais próxima é a representada pela saliva de nossa boca, pela lágrima de nossos olhos e por um ácido forte de nosso estômago.” (p.134) “Tosses, espirros e vômitos podem ocorrer para expelir <i>invasores</i> inesperados.” (p.134) “Estes produzem os anticorpos para a <i>defesa</i> do organismo contra bactérias e vírus.” (p.134) “Outra <i>defesa interna</i> contra agentes infecciosos externos é o sistema linfático.” (p.135) 5. “O nosso corpo se <i>defende</i>” (p.136) “O corpo humano está constantemente exposto a microorganismos <i>invasores</i>: bactérias, vírus, fungos e protozoários.” (p.136) “Entretanto, possuímos <i>defesas</i> próprias contra agentes nocivos.” (p.136) 6. “A pele e as membranas atuam como <i>barreiras</i> que impedem a penetração de microorganismos no nosso corpo. A camada de queratina (...) é bastante <i>resistente ao ataque</i> de micróbios.” (p.136) “A lágrima contém uma enzima que <i>ataca</i> certos tipos de bactérias.” (p.136) “Esses recursos constituem a nossa <i>primeira linha de defesa contra invasores</i>.” (p.136) “Quando microorganismos conseguem superar essa <i>linha de defesa</i>, eles penetram no corpo e podem se instalar em algum órgão.” (p.136) “O sistema imunológico, responsável pela <i>defesa</i> do organismo, ...” (p.136) 7. “Os leucócitos têm a capacidade de fagocitar, digerir e destruir microorganismos <i>invasores</i>.” (p.137) “..., os leucócitos emitem expansões que envolvem e englobam os organismos <i>invasores</i>.” (p.137) “Uma porção de pus é amostra de uma ‘<i>batalha</i>’: células danificadas do tecido atingido, leucócitos mortos e organismos <i>invasores</i> destruídos.” (p.137) “A <i>luta</i> contra uma infecção geralmente é localizada, consistindo em dor e inchaço na área afetada. Quando essa <i>luta</i> não vai bem, então surge uma resposta mais generalizada do corpo: ...” (p.137) 8. “Os organismos <i>invasores</i> produzem proteínas estranhas ao nosso corpo.” (p.137) “...É como se os linfócitos se ‘<i>lembrassem</i>’ dos organismos <i>invasores</i> que já <i>atacaram</i>.” (p.138) “... os leucócitos e os glóbulos brancos participam da <i>defesa</i> do nosso organismo, fagocitando microorganismos ou produzindo anticorpos que <i>combatem</i> os antígenos” (p.138) “Podemos nos <i>defender</i> dos organismos <i>invasores</i> também através de remédios (agentes químicos).” (p.138) “...perceba que cada anticorpo <i>ataca</i> apenas um tipo de antígeno.” (p.138) 9. “...Ele <i>ataca</i> certos tipos de linfócitos, destruindo-os.” (p.138) 10. “..., quando o indivíduo entra em contato com esses microorganismos, o seu organismo já terá anticorpos suficientes para <i>defendê-lo</i>.” (p.138)

A introdução geral do capítulo aborda as “defesas” internas e externas, e contém um breve resumo do que será tratado no decorrer do livro. Os autores utilizam nesta

introdução uma analogia com um castelo medieval, comparando a pele com os muros do castelo medieval que impedia a entrada dos “inimigos”, em frases como a seguinte: *“Porém, assim como os castelos medievais, a nossa pele é vulnerável e inimigos conseguem invadi-la.”*

Primeiramente, os autores apresentam uma explicação sobre o líquido intercelular, como se forma a linfa, o sistema linfático e seus componentes e como o nosso corpo se “defende” dos agentes nocivos.

Apresentam as “primeiras defesas”, citando a pele e as membranas mucosas, a saliva, o ácido clorídrico, os pêlos e o muco das fossas nasais e as lágrimas e, em seguida, apresentam o sistema imunológico que entra em ação quando os microorganismos conseguem superar essa “linha de defesa primária”.

Passam então para o sistema imunológico, explicando sua função e estrutura da seguinte forma *“O sistema imunológico, responsável pela defesa do organismo, é formado pelo conjunto de glóbulos brancos ou leucócitos e pelos órgãos que produzem essas células.”* Logo após esta explicação, abordam o assunto leucócitos: onde são produzidos; que existem vários tipos de leucócitos em nosso organismo, citando apenas os neutrófilos, apresentam a diapedese e indicam uma figura para ilustrar o fenômeno.

Explicam o que é a fagocitose, que é a capacidade dos leucócitos de *“fagocitar, digerir e destruir microorganismos invasores.”* Dizem como ocorre o processo da fagocitose e indica um exemplo de como isso ocorre: no caso do corte de um dedo, os neutrófilos se dirigem até o local do ferimento, fagocitando as bactérias. O conjunto dos glóbulos brancos e das bactérias mortas formaria o pus que aparece nas feridas. Para a explicação do que seria o pus, os autores utilizam a metáfora da guerra:

“Uma porção de pus é amostra de uma “batalha”: células danificadas do tecido atingido, leucócitos mortos e organismos invasores destruídos. A luta contra uma infecção geralmente é localizada, consistindo em dor e inchaço na área afetada. Quando essa luta não vai bem, então surge uma resposta mais generalizada do corpo: a febre e o aumento do número de glóbulos brancos no sangue.”(p.137)

Vemos neste parágrafo que os autores utilizaram a palavra “batalha” entre aspas, o que indica, no português, que é uma palavra que está sendo utilizada no lugar de outra, como uma comparação. Em seguida ele utiliza as palavras “invasores” e “luta”, só que sem

as aspas, o que faz supor que os autores as utilizaram sem considerá-las como palavras explicativas e substitutivas do fenômeno que estava ocorrendo.

Em seguida os autores passam a explicar como ocorre a produção de anticorpos. Explicam o que são antígenos: *“Os organismos invasores produzem proteínas estranhas ao nosso corpo. Tais substâncias são denominadas antígenos.”* Esta explicação não deixa claro o que são essas proteínas estranhas ou porque elas são estranhas, simplesmente dizem que elas se chamam antígenos. Logo no próximo parágrafo, já falam dos linfócitos, que são *“um tipo de leucócito”* produzido nos órgãos linfóides. Coloca que *“são os linfócitos que produzem proteínas especiais, capazes de neutralizar a ação tóxica dos antígenos; essas proteínas especiais são chamadas de anticorpos.”*

Os autores não dão qualquer explicação de como ocorre a ação dos anticorpos sobre os antígenos, não explicam o mecanismo que leva à produção dos linfócitos, não diferenciam os tipos de linfócitos, não falam da imunidade humoral, feita pelos linfócitos B, e da mediada por células, feita pelos linfócitos T. Em nenhum momento os autores falam da diferença entre a imunidade inata e a imunidade adaptativa, que a imunidade inata é feita pelos glóbulos brancos presentes no sangue e que a imunidade adaptativa somente entra em ação após o contato do antígeno com os linfócitos. Os linfócitos passarão por um período de ativação e expansão antes de se diferenciarem nos linfócitos B e T, responsáveis pela eliminação dos patógenos que conseguiram ultrapassar as “primeiras defesas” representadas pelos glóbulos brancos.

Os autores colocam que *“quando a linfa passa pelos órgãos linfóides, ela é filtrada e ‘purificada’.* Caso ela contenha microorganismos, estes serão destruídos pelos linfócitos produzidos nesses órgãos.” Esta é uma grande simplificação do mecanismo de “eliminação” do patógeno que realmente ocorre pois, para a produção dos linfócitos e “eliminação” dos patógenos é necessário todo um processo de liberação de substâncias que desencadeiam as respostas imunológicas, processo que leva alguns dias para ocorrer.

Em seguida citam a íngua, que é *“um gânglio linfático inflamado e inchado”* e que representa *“uma reação do sistema imunológico a organismos estranhos.”*

No próximo parágrafo, os autores apresentam as “células de memória”, uma expressão metafórica que é utilizada tanto pelos cientistas, quanto pelos autores de divulgação científica e de livros didáticos. Neste caso, os autores fizeram uso das aspas:

“Alguns linfócitos atuam como ‘células de memória’. Assim, mesmo depois que uma doença foi curada, estas células são capazes de voltar a produzir anticorpos, caso o organismo seja outra vez infectado. É como se os linfócitos se ‘lembrassem’ dos organismos invasores que já atacaram.” (p.138)

Vemos que não há a adoção de um padrão para a apresentação das expressões metafóricas ao longo do texto. Talvez por estar falando em “*células de memória*” e “*é como se os linfócitos se lembrassem*”, fica mais clara a utilização dessas expressões como metáforas no texto, levando ao uso das aspas para a indicação.

Após esse parágrafo, os autores dão exemplos de doenças como o sarampo e a catapora, que são doenças para as quais o organismo adquire imunidade frente a um segundo contato com o vírus. Contudo, os autores não deixaram claro como é que isso ocorre, isto é, como a imunidade adaptativa leva à “memória imunológica” e previne contra uma nova infecção pelo mesmo patógeno.

Em seguida, os autores colocam que “*pelo que vimos, você pode concluir que os leucócitos ou glóbulos brancos participam da defesa do nosso organismo, fagocitando microorganismos ou produzindo anticorpos que combatem os antígenos.*” Esta conclusão é muito simplista para a ação do sistema imunológico. Na verdade, os leucócitos, ou glóbulos brancos, fagocitam os microorganismos, mas eles não produzem os anticorpos, eles fagocitam os microorganismos e expõem partes deles na sua superfície, o que permite aos linfócitos “reconhecerem” o antígeno e produzirem substâncias que desencadearão a diferenciação desses linfócitos em células B ou T, ou seja, os linfócitos B e T. Os linfócitos B são os que possuem anticorpos e eliminam os patógenos extracelulares, como as bactérias, por mecanismos diferentes da fagocitose. Os linfócitos T são células capazes de eliminar patógenos intracelulares, como os vírus, por meio da “destruição” das células infectadas ou pela ativação dos macrófagos infectados por bactérias.

Como vemos, o sistema imunológico possui mecanismos que não podem ser tão simplesmente explicados aos alunos, pois a supressão de informações e simplificação exagerada do mecanismo pode levar a um esvaziamento do conceito, o que vai dificultar ainda mais a compreensão por parte dos alunos, que não conseguirão ligar partes do processo por falta de informação adequada de como ele ocorre. Mais importante que a quantidade de informação fornecida pelo livro didático, é a adequação dos conceitos ao mecanismo a que se referem. Melhor que citar partes isoladas do mecanismo, na falsa

impressão de que se está simplificando, é dar uma visão geral dele sem entrar em detalhes que poderiam ser difíceis para os alunos de ensino fundamental compreenderem.

Nos parágrafos seguintes os autores falam dos antibióticos, que são eficazes no “combate” às bactérias. Falam da “resistência” aos antibióticos adquirida pelas bactérias, que “os vírus não podem ser destruídos por antibióticos” e que “o nosso corpo deve produzir anticorpos específicos para combatê-los.” Falam brevemente da AIDS, pois esse assunto já havia sido tratado em um capítulo anterior; falam das vacinas, de sua constituição e sua ação, da importância de se tomar as vacinas e da diferença entre vacina e soro.

As figuras apresentadas neste capítulo são bastante confusas, algumas vezes pelo excesso de informação para a série a que se destina, como é o caso das figuras das páginas 134 e 135; outras pela falta de informações na figura apresentada, como é o caso das figuras das páginas 137, 138 e 139. (ver Anexo 1, p.151)

“Defesas do organismo” de Gowdak e Mattos

Os livros de 5ª série selecionados em geral não tratavam especificamente do sistema imunológico. Contudo, este assunto apareceu no livro de Gowdak e Mattos, na unidade sobre “Saúde”, que trata dos micróbios patogênicos, onde há noções sobre o sistema imunológico no capítulo “Defesas do organismo”.

Este capítulo trata principalmente dos antígenos e anticorpos, das vacinas, dos glóbulos brancos do sangue e da soroterapia (Tabela 3).

Tabela 3 – Utilização da metáfora da guerra no capítulo “Defesas do organismo” de Gowdak e Mattos.

Assuntos – Subtítulos/Textos complementares	Utilização da metáfora da guerra
1. Defesas do organismo 2. Antígenos e anticorpos 3. Vacinas 4. Glóbulos brancos do sangue 5. Soroterapia	1. “Defesas do organismo” (p.152) “...a maioria das pessoas tem <i>resistência</i> a essa doença.” (p.152) 3. “A vacinação é um meio de reforçar o organismo com anticorpos para melhor <i>defendê-lo</i> das infecções.” (p.153) “...com função de <i>proteção</i> contra as infecções...” (p.153) “...para algumas doenças que costumam <i>atacar</i> as crianças nos primeiros anos de vida existem vacinas protetoras.” (p.153) 4. “Além dos anticorpos, nosso corpo tem outras <i>armas poderosas</i> contra os micróbios: são os glóbulos brancos do sangue.” (p.154) “...eles se acumulam em grande número e <i>atacam</i> os micróbios ‘ <i>comendo-os</i> ’.” (p.154) “...os glóbulos brancos <i>vencem</i> os micróbios...” (p.154)

Os autores iniciam o capítulo abordando o assunto “*resistência*”, que é a “*capacidade de impedir que uma doença infecciosa se instale no organismo*”, que “*é o mesmo que imunidade*”. Em seguida abordam o assunto imunidade, indicando que esta pode ser natural ou adquirida, que “*para a tuberculose, por exemplo, a imunidade é natural em muitas pessoas*”, mas que para outras doenças, como o sarampo, ela é adquirida, “*pois ela só se desenvolve nas pessoas depois de contraírem a doença.*”

Em seguida adotam a apresentação por tópicos. O primeiro tópico trata dos antígenos e anticorpos, explicando resumidamente que:

“Antígeno é toda a substância ou corpo estranho que, penetrando em nosso organismo, provoca a formação de substâncias denominadas anticorpos. A função dos anticorpos é destruir os antígenos. As bactérias patogênicas, por exemplo, produzem toxinas no organismo, que funcionam como antígenos.” (p.152)

Neste tópico, os autores tratam também da imunidade natural do recém-nascido que “*pode se prolongar, caso a criança seja amamentada com o leite materno.*” e apresentam um esquema que resume a ação do organismo frente à presença dos vírus que “*funcionam como antígenos*”, que “*desencadeiam a formação de anticorpos*”, que “*destroem os antígenos*” e “*a pessoa fica imunizada*”. Este esquema, que pretende resumir toda a ação do sistema imunológico frente à entrada de um patógeno em nosso organismo, é no entanto, muito simplificado e em nenhum momento apresenta como ocorrem os processos citados no esquema.

No tópico seguinte, os autores abordam a vacinação como “*um meio de reforçar o organismo com anticorpos para melhor defendê-lo das infecções.*” Colocam que as vacinas “*contém micróbios enfraquecidos, isto é, micróbios que não conseguem mais causar doenças nas pessoas*” e como elas agem no organismo, que não existem vacinas para todas as doenças, mas que para algumas existem “*vacinas protetoras*”. Apresentam uma tabela com o calendário de vacinações.

Em seguida, apresentam um tópico sobre os glóbulos brancos do sangue, colocando que “*além dos anticorpos, nosso corpo tem outras armas poderosas contra os micróbios: são os glóbulos brancos do sangue.*” Colocam que os glóbulos brancos “*se acumulam em grande número e atacam os micróbios ‘comendo-os’*”, que “*o envolve com o seu corpo e o digere*”, no entanto não explica que esse processo se chama fagocitose. Falam também do pus que se forma quando “*a ferida piora*”.

O último tópico do capítulo se refere à soroterapia, que é o *“tratamento por meio de soro com anticorpos”*. Neste tópico são abordados: os cuidados necessários com os ferimentos profundos, o tétano e o soro antitetânico, a produção do soro antitetânico e outros em cavalos, com a apresentação de uma figura para representar como é produzido.

Este capítulo, apresentado com o título “Defesas do organismo”, é bastante resumido e não dá uma visão geral do funcionamento dessa “defesa”. Os autores não apresentam o sistema imunológico, seus componentes, seu funcionamento, os tipos de “defesa”, sua forma de atuação frente aos patógenos, mesmo que de uma forma superficial por se tratar de uma 5ª série. Assim, consideramos este um capítulo bastante incompleto e fragmentado, não cumprindo sua função de apresentar as “defesas do organismo” em um nível que adequado para a 5ª série.

“O sangue e as defesas do corpo” de Silva Jr. et al.

Este capítulo, destinado à 7ª série, apresenta as “defesas do corpo” em conjunto com a apresentação do assunto sangue, tratando tópicos como: o sangue, suas funções e composição (hemáceas, leucócitos, plaquetas, etc.), a proteção contra infecções, os dois tipos de “defesa”, os anticorpos, as vacinas, a AIDS e os soros (Tabela 4).

Os autores iniciam o capítulo com o assunto sangue e suas funções, o plasma sangüíneo e as células do sangue e apresentam uma tabela onde mostra a composição do sangue e a função de cada elemento. Em seguida abordam os assuntos: hemácias: número, forma, função e onde são fabricadas; leucócitos: seus tipos, formas e funções, como a fagocitose e a produção de anticorpos; plaquetas e coagulação, explicando como ocorre o processo da coagulação.

O próximo tópico é referente à “proteção” contra as infecções, onde os autores iniciam falando das doenças que são adquiridas só uma vez. Depois introduzem os dois tipos de “defesa”, dizendo que *“os leucócitos nos protegem de duas maneiras: fagocitando os microorganismos invasores e produzindo anticorpos.”* Indicam que *“a imunidade que adquirimos depois de contrair uma doença está mais relacionada com o segundo tipo de defesa, baseado na produção de anticorpos.”* Os autores não explicam como o primeiro tipo de “defesa” está relacionado com o segundo tipo, parecendo que são dois processos separados.

Tabela 4 – Utilização da metáfora da guerra no capítulo “O sangue e a defesa do corpo” de Silva Jr et al.

Assuntos – Subtítulos/Textos complementares	Utilização da metáfora da guerra
1. O sangue e a defesa do corpo	1. “O sangue e a <i>defesa</i> do corpo” (p.98)
2. O sangue e suas funções	3. “A <i>defesa</i> do corpo contra os micróbios é, em grande parte, desempenhada pelo sangue” (p.98)
3. Para que serve o sangue	6. “..., os leucócitos são responsáveis pela <i>defesa</i> do organismo contra infecções” (p.100)
4. Líquido e células	“Uma vez fagocitado, o <i>invasor</i> é destruído no interior do leucócito.” (p.100)
5. As hemáceas	“..., que auxiliam a destruir os micróbios <i>invasores</i> .” (p.101)
6. Os leucócitos	10. “Os dois tipos de <i>defesa</i> ” (p.101)
7. As plaquetas e a coagulação	“Dissemos que os leucócitos nos protegem de duas maneiras: fagocitando os microorganismos <i>invasores</i> e produzindo anticorpos.” (p.101)
8. A proteção contra as infecções	“A imunidade (...) está mais relacionada com o segundo tipo de <i>defesa</i> , (...)” (p.101)
9. As doenças da infância: uma vez só	11. “O <i>reconhecimento</i> de antígenos por nosso <i>sistema de defesa</i>” (p.102)
10. Os dois tipos de defesa	“Assim, caso o mesmo microorganismo <i>tente uma nova invasão</i> , ...” (p.102)
11. Como fabricamos anticorpos	“Novas <i>invasões</i> do mesmo antígeno: reação rápida.” (p.102)
12. Vacina: a forma inteligente de prevenir doenças	13. “Leucócitos especiais, chamados linfócitos, têm a capacidade de <i>reconhecer</i> os antígenos ...” (p.103)
13. Quem fabrica os anticorpos	“..., todo o <i>sistema de defesa</i> fica vulnerável, dificultando o <i>combate</i> às infecções.” (p.103)
14. AIDS: a derrota dos linfócitos	14. “O vírus da AIDS <i>ataca</i> os linfócitos, as células produtoras de anticorpos. Num doente de AIDS, os linfócitos passam a não mais <i>reconhecer</i> os antígenos que <i>invadem</i> o organismo...” (p.103)
15. Os soros que curam	“..., a gravidade dessa doença está no fato de <i>atacar</i> exatamente o <i>sistema de defesa</i> contra as infecções” (p.103)
	“...infecções que seu organismo não consegue mais <i>combater</i> , ...” (p.103)
	15. “..., específicos contra o antígeno <i>invasor</i> .” (p.103.)

Seguem explicando como fabricamos nossos anticorpos, que os microorganismos possuem moléculas estranhas ao nosso corpo chamadas antígenos, e que “*nosso organismo tem a capacidade de detectar a entrada de antígenos e fabricar moléculas especiais que os desativam. Essas moléculas especiais são os anticorpos.*” Ressaltam a especificidade dos anticorpos e apresentam um esquema que pouco contribui para a compreensão do que seria essa especificidade. Colocam que o “reconhecimento” dos antígenos e a produção de anticorpos é um processo um pouco demorado, mostrando uma figura onde demonstram o que ocorre numa “primeira invasão” e em “novas invasões” e abordam o assunto “memória imunológica”, dizendo que “*o ‘aprendizado’ da produção de um determinado anticorpo só precisa ocorrer uma vez*”.

No tópico seguinte, os autores apresentam as vacinas como “*a forma inteligente de prevenir doenças*”, como elas são produzidas e sua ação. Abordam a produção de leucócitos pelo organismo, citando os “*leucócitos especiais, chamados linfócitos*” que

possuem a capacidade de “reconhecer os antígenos e fabricar os anticorpos adequados” e de “quando, por algum motivo, o funcionamento dos linfócitos é prejudicado, todo o sistema de defesa fica vulnerável, dificultando o combate às infecções”. Em seguida abordam a AIDS, fazendo um breve relato sobre o que é a AIDS e como se dá sua transmissão:

“O vírus da AIDS ataca os linfócitos, as células produtoras de anticorpos. Num doente com AIDS, os linfócitos passam a não mais reconhecer os antígenos que invadem o organismo e, por isso, a produção de anticorpos diminui consideravelmente. Assim, a gravidade dessa doença está no fato de atacar exatamente o sistema de defesa contra as infecções. Um doente de AIDS pode não morrer dessa doença, mas morrerá de outras infecções que seu organismo não consegue mais combater, tais como pneumonias ou até mesmo gripes.” (p.103)

Este parágrafo mostra uma forma adequada de explicar como o vírus da AIDS age frente ao sistema imunológico, e porque ela é uma doença considerada auto-imune. Para que essa explicação possa ser entendida os autores devem ter o cuidado de explicar a existência dos linfócitos e sua função e, geralmente, isto não ocorre pois os autores são muito concisos nas suas explicações, falando somente sobre glóbulos brancos em geral, sem explicar todas as células implicadas na “defesa” do corpo e qual a função delas.

Os autores concluem citando brevemente o assunto soros, que são usados “quando uma doença grave se instala”, e “não é possível esperar que o organismo fabrique seus próprios anticorpos”, e colocam que

“É necessário, então, usar rapidamente, anticorpos prontos, específicos contra o antígeno invasor. Esses anticorpos existem no que chamamos de soros terapêuticos, sendo empregados, por exemplo, no caso do tétano (soro antitetânico) ou no de uma mordida de cobra venenosa (soro antiofídico).” (p.103)

2. Quanto à utilização da metáfora da guerra

Os resultados nos revelaram uma ocorrência freqüente da utilização da metáfora da guerra nos três capítulos onde esse assunto foi abordado. A maior ocorrência de expressões como “ataque”, “defesa”, “combate” e “invasão” se deu no capítulo “Defesas do corpo humano” de Barros e Paulino, que utilizou, entre outras (Tabela 2, p.70), expressões como:

“Nosso corpo apresenta diversas defesas contra agentes externos, a começar pela nossa pele: esta funciona como os muros de castelos medievais, impedindo a entrada de inimigos.” (p.134)

“Porém, assim como os castelos medievais, nossa pele é vulnerável e os inimigos conseguem invadi-la.” (p.134)

“Quando microorganismos conseguem superar essa linha de defesa, eles penetram no corpo e podem se instalar em algum órgão.” (p.136)

“Os leucócitos têm a capacidade de fagocitar, digerir e destruir microorganismos invasores.” (p.137)

“...É como se os linfócitos se ‘lembrassem’ dos organismos invasores que já atacaram.” (p.138)

O capítulo “O sangue e a defesa do corpo” de Silva Jr et al., também utilizou a metáfora da guerra com bastante frequência ao longo de todo o capítulo (Tabela 4, p.76), com, por exemplo, expressões como:

“Uma vez fagocitado, o invasor é destruído no interior do leucócito.” (p.100)

“O vírus da AIDS ataca os linfócitos, as células produtoras de anticorpos. Num doente de AIDS, os linfócitos passam a não mais reconhecer os antígenos que invadem o organismo...” (p.103)

Com menor frequência na utilização da metáfora da guerra, aparece o capítulo “Defesas do organismo” de Gowdak e Mattos (Tabela 3, p.74), que utilizou por exemplo:

“A vacinação é um meio de reforçar o organismo com anticorpos para melhor defendê-lo das infecções.” (p.153)

Nos três capítulos analisados, percebemos que os autores não utilizaram a metáfora da guerra de uma forma sistemática, indicando que se tratava de uma ferramenta utilizada para explicar um assunto mais complexo, como é o caso do sistema imunológico, pela comparação com uma guerra, uma luta, termos que fazem parte da cultura de todas as pessoas.

Acreditamos que estes termos são utilizados de maneira espontânea pelos autores, acostumados com a sua utilização, durante sua formação quando eram alunos, nos livros utilizados por eles nos seus cursos superiores e também nos trabalhos dos pesquisadores desta área, como vimos anteriormente no capítulo II deste trabalho. Isso foi sendo passado para os meios de comunicação, como revistas de divulgação científica, e também para os livros didáticos.

III.3 ANÁLISE DOS LIVROS DIDÁTICOS DE ENSINO MÉDIO

As coleções de ensino médio analisadas estão estruturadas de forma bastante semelhante no que diz respeito aos conteúdos abordados, mas apresentam alguma variação na distribuição dos conteúdos nos três anos do ensino médio. Em geral, os livros de 1º ano das cinco coleções fazem uma introdução à biologia e tratam assuntos como citologia, embriologia e histologia, entre outros assuntos. Os livros de 2º ano tratam principalmente dos seres vivos, sua classificação e fisiologia e os de 3º ano abordam geralmente genética, evolução e ecologia. Somente a coleção de Gowdak apresenta os assuntos citados anteriormente para o 2º e 3º ano em ordem inversa.

Quanto à apresentação de capítulos sobre o sistema imunológico ou as defesas do corpo humano, nossa análise mostrou que este assunto foi tratado apenas no livro de 2º ano da coleção de Amabis e Martho, que apresenta um capítulo intitulado “Defesas do corpo”.

Como vemos, o sistema imunológico quase não é trabalhado no ensino médio como um tópico de estudo. Talvez isso seja decorrente nos currículos de ensino médio da não inclusão desse assunto nos seus programas. Assim, quando os autores de livros didáticos os incluem, isto ocorre de forma não sistematizada e diluída nos vários capítulos ao longo dos três anos do ensino médio.

Segundo Massabni e Arruda (1999), que analisaram a apresentação dos mecanismos de proteção do organismo em quatro livros didáticos de ensino médio e também encontraram esses assuntos dispersos no decorrer dos livros

“o fato do sistema imunológico apresentar-se fragmentado, complementando alguns assunto se/ou sendo abordado apenas associado a doenças infecciosas, demonstra que os mecanismos envolvidos na proteção do organismo são negligenciados nos livros avaliados, tanto pela localização inaparente, à primeira vista, quanto pela inadequação da mesma uma vez localizados.”

1. Estrutura e assuntos abordados

Os assuntos abordados no capítulo “Defesas do corpo” de Amabis e Martho são: os mecanismos gerais de “defesa” corporal, o sistema imunitário, a imunização ativa e passiva

(vacinas e soros) e as doenças e o sistema imunitário. Apresenta também o texto “Febre: amiga ou inimiga?” (Tabela 5).

Os autores iniciam o capítulo citando os mecanismos gerais de defesa corporal. Citam a pele e as membranas mucosas que “*são as primeiras linhas de defesa do corpo animal contra a entrada de invasores*”. Em seguida abordam a “*segunda linha de defesa corporal*” representada pelos fagócitos, células “*especializadas em ingerir, por fagocitose, substâncias e partículas estranhas ao corpo*”. Citam os principais tipos de fagócitos “*os macrófagos e os neutrófilos*”, e indicam uma figura onde mostram a ação dos neutrófilos e a formação do pus. Abordam também a resposta inflamatória “*que se estabelece em uma área ferida ou atacada por microorganismos*” e que é desencadeada pela histamina liberada pelas células lesadas. Mostram em um gráfico o processo da resposta inflamatória à “*invasão*” dos tecidos por agentes patogênicos.

No tópico seguinte, os autores abordam o sistema imunitário “*que atua especificamente contra cada tipo de invasor*”. Indicam as células do sistema imunitário: os macrófagos, os linfócitos T e os linfócitos B. Os macrófagos “*são as primeiras células do sistema imunitário a entrar em ação: além de combater diretamente os invasores, alertam outros componentes do sistema imunitário de que há uma invasão em curso*”. Os autores seguem, colocando que “*após serem parcialmente digeridas, substâncias dos corpos fagocitados são expostas na superfície da membrana celular do macrófago*”. Colocam também que, em seguida “*entram em ação, então, tipos especiais de glóbulos brancos, denominados linfócitos T auxiliares, que identificam as substâncias estranhas expostas na superfície dos macrófagos e dão o alarme por meio da liberação de determinadas proteínas*”. Os linfócitos T são de dois tipos principais, “*os auxiliares, também chamados CD4, e os matadores, chamados CD8*”.

Tabela 5 – Utilização da metáfora da guerra no capítulo “Defesas do corpo” de Amabis e Martho.

Assuntos – Subtítulos/Textos complementares	Utilização da metáfora da guerra
<p>1. Mecanismos gerais de defesa corporal</p> <p>2. Sistema imunitário</p>	<p>1. “A pele e as membranas mucosas são as <i>primeiras linhas de defesa</i> do corpo animal contra a entrada de <i>invasores</i>.” (p.517)</p> <p>“A <i>camada queratinizada da pele humana, por exemplo, constitui uma eficiente barreira</i> contra a entrada de microorganismos.” (p.517)</p> <p>“As <i>barreiras físicas da pele são reforçados por defensivos químicos...</i>” (p.517)</p> <p>“...<i>proteínas altamente eficazes no combate</i> a diversos tipos de bactérias, fungos e protozoários.” (p.517)</p> <p>“...<i>secretam substâncias tóxicas que os defendem</i> de outros organismos.” (p.517)</p> <p>“...<i>parece eficaz no combate</i> à leucemia e ao vírus da herpes.” (p.517)</p> <p>“Os cientistas acreditam que muitas substâncias <i>defensivas</i> produzidas por diversos animais...” (p.517)</p> <p>“Esses <i>invasores</i> são <i>combatidos</i> por uma <i>segunda linha de defesa</i> corporal...” (p.517)</p> <p>“O processo inflamatório que se estabelece em uma área ferida ou <i>atacada</i> por microorganismos...” (p.518)</p> <p>“O processo inflamatório, embora às vezes doloroso, é um importante mecanismo de <i>defesa do corpo</i>.” (p.518)</p> <p>“...onde eles passam a <i>fagocitar</i> tanto bactérias <i>invasoras</i> quanto restos de células mortas, limpando o local.” (p.518)</p> <p>“Eles passam para os tecidos infectados, onde <i>fagocitam</i> bactérias <i>invasoras</i>.” (p.518)</p> <p>“...<i>, por glóbulos brancos mortos no combate</i> à infecção.” (p.518)</p> <p>“Inflamação é um mecanismo de <i>alerta</i> que indica ao sistema imunitário regiões do corpo que sofreram algum tipo de <i>agressão</i>.” (p.519)</p> <p>“...<i>, que combaterão</i> os agentes agressores.” (p.519)</p> <p>2. “Além das <i>defesas</i> gerais representadas pela pele, mucosas e fagócitos, os vertebrados possuem um eficiente sistema de <i>defesa</i> corporal.” (p.519)</p> <p>“Alguns glóbulos brancos que <i>combatem</i> diretamente os <i>invasores</i>, enquanto outros <i>atacam</i> à distância...” (p.519)</p> <p>“Os glóbulos brancos que <i>combatem</i> os <i>agentes invasores</i> são assessorados por células mensageiras, que coletam e distribuem informações sobre a <i>invasão</i>. Existem, ainda, <i>pelotões</i> de células de <i>comando</i>, que identificam o <i>inimigo</i> e decidem que tipo de <i>arma</i> deve ser utilizado.” (p.519)</p> <p>“...o sistema imunitário <i>combate</i> incansavelmente os mais diversos tipos de <i>invasores</i>. Falhas nesse sistema de <i>defesa</i> podem ter consequências graves...” (p.519)</p> <p>“...além de <i>combater</i> diretamente os <i>invasores</i> alertam outros componentes do sistema imunitário de que há uma <i>invasão</i> em curso.” (p.520)</p> <p>“Em outras palavras, os macrófagos <i>capturam os invasores...</i>” (520)</p> <p>“...identificam as substâncias estranhas expostas na superfície dos macrófagos e <i>dão o alarme</i> por meio da liberação de determinadas proteínas.” (p.520)</p> <p>“...identificam as substâncias estranhas expostas na superfície dos macrófagos e <i>dão o alerta</i>.” (p.520)</p> <p>“...sem eles os outros linfócitos que participam da <i>defesa</i> imunitária seriam incapazes de iniciar o <i>combate</i> aos <i>invasores</i>.” (p.520)</p> <p>“Os linfócitos T <i>matadores</i>, por sua vez, reconhecem as células anormais, como as infectadas por vírus, matando-as rapidamente através do <i>ataque</i> direto...” (p.520)</p> <p>“Os linfócitos B <i>combatem invasores</i> à distância...” (p.520)</p> <p>“Microorganismos <i>atacados</i> por anticorpos tomam-se <i>presa</i> fácil dos macrófagos e leucócitos.” (p.520)</p> <p>“...<i>, onde permanecem até que sejam ativados pela presença de invasores</i> do corpo.” (p.520)</p> <p>“...de modo a <i>barrar</i> o ingresso de organismos <i>invasores</i>.” (p.520)</p> <p>“Qualquer corpo estranho presente na linfa é <i>capturado</i> e identificado pelos glóbulos brancos, que passam a se mobilizar para <i>combate-lo</i>.” (p.520)</p> <p>“...<i>, proteínas ativadoras de células de defesa</i>.” (p.522)</p>

Tabela 5 – Utilização da metáfora da guerra no capítulo “Defesas do corpo” de Amabis e Martho (continuação).

Assuntos – Subtítulos/Textos complementares	Utilização da metáfora da guerra
2. Sistema imunitário (continuação) 3. Imunização ativa e passiva: vacinas e soros 4. Doenças e sistema imunitário 5. Texto: Febre: amiga ou inimiga?	2. "..., as principais células de <i>defesa</i> do corpo, ..." (p.522) "...o n° de linfócitos especializados em <i>combatê-los</i> vai diminuindo." (p.522) "Surge, então, em curto intervalo de tempo, um <i>exército</i> de células <i>defensoras</i> específicas." (p.524) 3. "Caso o organismo seja <i>invadido</i> pelo microorganismo contra o qual foi imunizado, a resposta à infecção (resposta secundária) será rápida e os <i>invasores</i> serão destruídos..." (p.524) "...apresentamos ao nosso sistema de <i>defesa</i> uma amostra branda..." (p.525) 4. "...passam a <i>atacar</i> e 'rejeitar' o enxerto ou órgão transplantado." (p.525) "...linfócitos que formam o <i>exército de defesa</i> do corpo." (p.526) "...influência dos estados psicológicos e emocionais sobre o sistema de <i>defesa</i> ." (p.527) "...nosso sistema de <i>defesa</i> se torna mais ativo." (p.527) 5. "A febre tem efeitos benéficos para as <i>defesas</i> do corpo e efeitos maléficos para os microorganismos <i>invasores</i> ." (p.528) "...a febre aumenta a atividade das células imunitárias que <i>atacam</i> bactérias..." (p.528) "Infecções viras também são <i>combatidas</i> pela febre. Quando certas células do corpo são <i>invadidas</i> por vírus..." (p.528) "...aumenta sua resistência ao <i>ataque</i> viral." (p.528)

Indicam a função dos linfócitos T auxiliares, mencionada acima, e a função dos linfócitos T “matadores”, que “*reconhecem as células anormais, como as infectadas por vírus, matando-as rapidamente através do ataque direto...*”. Os linfócitos B, “*combatem os invasores à distância por meio dos anticorpos que produzem*” que “*ligam-se às substâncias que estimularam a sua produção, inativando-as. Microorganismos atacados por anticorpos tornam-se presa fácil dos macrófagos e leucócitos*”.

Os autores seguem, indicando os órgãos do sistema imunitário como a medula óssea e o timo que são os “*órgãos imunitários primários*” onde são produzidos os linfócitos B e T. Abordam o amadurecimento dessas células que ocorre, para o linfócito T, no timo e para o linfócito B, na medula óssea, e que uma vez formados, migram para os “*órgãos imunitários secundários, que são os gânglios linfáticos e o baço, onde permanecem até que sejam ativados pela presença de invasores do corpo*”. Em seguida falam especificamente sobre os gânglios linfáticos, adenóides, amígdalas e o baço, indicando suas funções, localização, estrutura, etc.

No tópico seguinte, os autores colocam como atua o sistema imunitário, distinguindo entre os mecanismos de imunidade humoral, imunidade celular e produção de

interleucinas. Apresentam a imunidade humoral e anticorpos que *“é aquela onde participam proteínas especiais presentes no plasma sanguíneo, os anticorpos, produzidos pelos linfócitos B”*, explicam qual a forma dos anticorpos e a existência de um mecanismo de “reconhecimento” específico dos antígenos. A imunidade celular é apresentada como aquela em que participam os linfócitos T “matadores” ou citotóxicos que *“possuem, na membrana plasmática, proteínas que reconhecem e se ligam a células anormais ou infectadas por vírus, lançando sobre elas uma substância chamada perforina, que destrói a membrana plasmática”*. As interleucinas, segundo os autores, são *“proteínas ativadoras de células de defesa”* que estimulam os linfócitos a “reconhecer” as substâncias estranhas ao corpo. As interleucinas são produzidas *“por macrófagos e por linfócitos T auxiliares”*, e

“uma vez que um linfócito aprendeu a reconhecer um inimigo, as interleucinas fazem com que ele se multiplique por mitose. Assim, todas as células oriundas de um linfócito que reconheceu determinado antígeno herdam a capacidade de reconhecê-lo”. (p.522)

“Os linfócitos continuam a se multiplicar enquanto houver antígenos capazes de ativá-los. À medida que os antígenos vão sendo destruídos e vão desaparecendo, o número de linfócitos especializados em combatê-los vai diminuindo” (p. 522)

A figura apresentada pelos autores, na página 523, mostra esses processos que envolvem os macrófagos, os linfócitos T auxiliares e citotóxicos e os linfócitos B.

Continuando este tópico, os autores falam da “memória imunitária” pois,

“Mesmo após uma infecção ter sido debelada, resta no organismo certa quantidade de linfócitos especiais, as células de memória, que guardam durante anos, em geral pelo resto da vida do organismo, a capacidade de reconhecer os agentes infecciosos com os quais o organismo esteve em contato.” (p.522)

Este tópico, de como atua o sistema imunitário, foi bem estruturado para a explicação dos diferentes tipos de mecanismos do sistema imunológico para o ensino médio. Apresentado na forma de itens, mas relacionando os tipos de imunidade, dá uma boa visão desses mecanismos, apesar da figura apresentada ser um pouco confusa.

No tópico seguinte, os autores abordam a imunização ativa e passiva, através das vacinas e soros. Quando citam das vacinas, os autores fazem um breve histórico das descobertas de Edward Jenner em 1798 e, mais tarde de Louis Paster, em 1880, que levaram ao desenvolvimento de um método de imunização contra as doenças. Descrevem a

atuação da vacina no organismo e da forma de obtenção das vacinas. Os soros imunes são apresentados como uma solução de anticorpos que é usada no combate a “*certas substâncias tóxicas, tais como toxinas bacterianas ou venenos de cobras e aranhas*” que “*têm efeitos fulminantes no organismo, podendo matá-lo antes que ele consiga produzir anticorpos*”. Abordam o modo de preparo dos soros, mostrando uma figura na sua representação, e ressaltam que este não confere imunidade permanente “*pois a memória imunológica não é estimulada e os anticorpos injetados somem da circulação em poucos dias*”.

Os autores trabalham no tópico seguinte com a relação entre as doenças e o sistema imunitário, falando sobre a rejeição aos transplantes, as doenças auto-imunes, a alergia e os choques anafiláticos, a AIDS e a relação entre o estresse e a imunidade, dando uma explicação detalhada a respeito de como ocorrem esses problemas e doenças. Estes assuntos são de interesse dos alunos pois estão diariamente na mídia e fazem parte do seu dia a dia, sendo uma boa ponte para ligar o interesse dos alunos com esse conteúdo que é de difícil visualização para eles.

No texto complementar para leitura, os autores indicam o texto “Febre: amiga ou inimiga”, que fala da importância da febre no processo de eliminação dos organismos patogênicos.

2. Quanto à utilização da metáfora da guerra

Neste capítulo, houve uma grande utilização de expressões como “ataque”, “defesa” e “invasão” em todos os tópicos tratados (Tabela 5, p. 81 e 82), como por exemplo as citações abaixo:

“A pele e as membranas mucosas são as primeiras linhas de defesa do corpo animal contra a entrada de invasores.” (p.517)

“Esses invasores são combatidos por uma segunda linha de defesa corporal...” (p.517)

“...sem eles os outros linfócitos que participam da defesa imunitária seriam incapazes de iniciar o combate aos invasores.” (p.520)

“Qualquer corpo estranho presente na linfa é capturado e identificado pelos glóbulos brancos, que passam a se mobilizar para combatê-lo.” (p.520)

“...linfócitos que formam o exército de defesa do corpo.” (p.526)

Como vimos nas páginas anteriores, estes autores se utilizaram de muitas expressões metafóricas na explicação dos conceitos imunológicos, falando em “reconhecer um inimigo”, “linfócitos especializados em combate”; o que deixa clara a utilização da metáfora da guerra na explicação do sistema imunológico, ainda que de maneira implícita, sem a indicação de seu uso como recurso didático. Fazem uso também da expressão “células de memória”, que é uma expressão que comumente aparece em textos destinados a esta área.

Com base nas análises realizadas, podemos observar que o sistema imunológico está presente nos livros didáticos de ensino fundamental analisados, sendo tratados com maior ou menor intensidade dependendo da coleção. O tratamento dos mecanismos imunológicos geralmente se dá nos livros de 5ª série, onde está relacionado com a saúde, ou nos de 7ª série, onde é abordado o corpo humano. No ensino médio, o assunto sistema imunológico foi tratado no livro de 2º ano, onde é apresentada a estrutura e fisiologia dos seres vivos, em apenas uma das coleções analisadas.

Em todos os capítulos sobre sistema imunológico ou defesas do corpo humano das coleções de ensino fundamental analisadas, houve a utilização da linguagem da guerra, sendo que a maior frequência desta utilização foi detectada na coleção de Barros e Paulino. As expressões que mais se repetiram em todas as coleções foram “ataque”, “defesa”, “combate” e “invasão” (com flexões), configurando uma predominância deste tipo de linguagem no tratamento do assunto investigado por este estudo.

No ensino médio, apesar do assunto sistema imunológico somente ter ocorrido no livro de Amabis e Martho, este único capítulo apresentou a metáfora da guerra com bastante frequência, com expressões metafóricas bem marcadas, como por exemplo:

"Os glóbulos brancos que combatem os agentes invasores são assessorados por células mensageiras, que coletam e distribuem informações sobre a invasão. Existem, ainda, pelotões de células de comando, que identificam o inimigo e decidem que tipo de arma deve ser utilizado." (p.519)

Pudemos perceber, no entanto, que esta linguagem da guerra é utilizada sem uma maior explicitação do seu objetivo e nem é identificada como metafórica. Ela está integrada à explicação dada pelo autor nos tópicos em estudo. A metáfora não é diferenciada do mecanismo que ocorre no organismo, ficando implícita sua utilização.

Reiteramos nossa preocupação com relação à utilização de metáforas no ensino, visto que não há uma preocupação maior por parte dos autores com a forma de linguagem por eles utilizada, o que certamente pode diminuir o poder que estas analogias poderiam ter como auxiliares para a compreensão dos estudantes.

Capítulo IV

O QUE OS PROFESSORES DIZEM SOBRE O ESTUDO DO SISTEMA IMUNOLÓGICO E A METÁFORA DA GUERRA

Este capítulo traz a análise de entrevistas realizadas com professores de ensino fundamental e médio, a respeito da utilização da metáfora da guerra como recurso didático na explicação do sistema imunológico. Faremos a caracterização do instrumento da pesquisa e da amostra estudada. Em seguida partiremos para a análise propriamente dita das opiniões dos professores sobre a utilização da metáfora da guerra no ensino do sistema imunológico.

IV.1 CARACTERIZAÇÃO DO INSTRUMENTO DA PESQUISA E DA AMOSTRA ESTUDADA

No capítulo anterior analisamos a apresentação do sistema imunológico nos livros didáticos. Neste capítulo veremos as opiniões dos professores sobre a apresentação do sistema imunológico nos livros didáticos, particularmente no que se refere à utilização da metáfora da guerra.

Este posicionamento dos professores serve como um indicador do que ocorre em sala de aula e de como estas questões são abordadas pelos professores. Procuramos visualizar com este capítulo: a) a idéia do professor de como deve ser tratada a imunologia no ensino fundamental e médio; b) o aprofundamento e a linguagem considerados adequados para tais níveis de ensino; c) os assuntos considerados essenciais e os considerados dispensáveis no tratamento desse assunto. Procuramos também delinear um panorama das idéias desses professores em relação à utilização da metáfora da guerra para o sistema imunológico nos livros didáticos, investigando: a) a utilização pelo professor em

sala de aula; b) se esses professores consideram a metáfora útil ou não para o ensino da imunologia; c) se esta metáfora pode gerar dificuldades no aprendizado do aluno.

Para alcançar nosso objetivo, utilizamos como instrumento de pesquisa a entrevista semi-estruturada. Escolhemos um capítulo de livro didático da 7ª série do ensino fundamental, com o objetivo de introduzir a entrevista e de levantar as questões de interesse da pesquisa. Foi utilizado um capítulo de autoria de Carlos Barros e Wilson R. Paulino intitulado “Defesas do corpo humano” (Anexo 1, p.151). Este procedimento está baseado no trabalho de Delizoicov (1995) que, em sua dissertação de mestrado, entrevistou professores de ciências utilizando um texto de livro didático que era examinado pelo professor antes da entrevista.

A escolha do texto de Barros e Paulino se deve à sua apresentação da metáfora da guerra de forma mais explícita e também ao maior aprofundamento do conteúdo contido nos livros analisados, quando comparado aos outros textos de ensino fundamental sobre o assunto.

A entrevista semi-estruturada é um dos principais meios de coleta de dados na pesquisa qualitativa pois, ao mesmo tempo em que valoriza a presença do investigador, fornece todas as perspectivas possíveis para que o informante alcance a liberdade e a espontaneidade necessárias, enriquecendo a investigação (Ludke e André, 1986).

Na entrevista semi-estruturada partimos de perguntas fundamentais que não nascem “a priori”, mas são resultado da teoria que alimenta a ação do investigador e de toda informação recolhida nos seus contatos realizados na escolha das pessoas que serão entrevistadas.

Após a realização de cada entrevista foi feito um levantamento dos pontos principais, como uma forma preliminar de análise dos dados e de controle do andamento das entrevistas, para posterior transcrição. Na apresentação da fala dos professores nos itens que seguem, é utilizada a letra “E” para indicar a intervenção da entrevistadora.

Foram entrevistados 19 professores, sendo 11 (onze) atuantes no ensino fundamental e 09 (nove) no ensino médio, de 06 (seis) escolas de Florianópolis/SC. As entrevistas foram realizadas nas dependências da escola onde o professor trabalhava. Destas 06 escolas, quatro eram escolas estaduais, uma escola municipal e uma escola

federal, sendo que todas eram escolas que atendem a alunos vindos do centro e de bairros próximos à UFSC.

O contato com os professores foi feito por intermédio das orientadoras educacionais de cada escola, do coordenador de estágios ou diretamente com os professores. Durante o primeiro contato, o texto escolhido era entregue para uma leitura prévia pelo professor e era marcado um horário para a realização da entrevista, levando em consideração a disponibilidade do professor. O período entre a entrega do texto e a realização da entrevista foi em média de 3-4 dias. As entrevistas tiveram uma duração aproximada de 30 minutos e foram realizadas entre os meses de junho e agosto de 2000. A participação dos professores foi de caráter voluntário.

O início da entrevista era marcado por uma série de fases prévias informais, que visavam uma aproximação com o entrevistado e uma introdução à entrevista. Os passos eram os seguintes: a) explicitação do objetivo e natureza do trabalho; b) garantia do anonimato do entrevistado e do sigilo das respostas; c) preenchimento, pelo entrevistado, de uma ficha de identificação com os itens: nome, formação/ano, instituição, escola que trabalha, série/ano que leciona, livro que utiliza; d) solicitação de autorização para gravar a entrevista, explicando o motivo da gravação; e) explicitação do objetivo da leitura do texto.

Inicialmente, previmos a realização de 20 entrevistas. Uma das entrevistas foi cancelada e adiada várias vezes pelo professor contactado, por motivos justificados. Visando não exceder o prazo previsto para esta etapa, decidimos por descartar essa entrevista. Assim, foram realizadas efetivamente 19 entrevistas, que foram audiogravadas e analisadas.

Todos os professores entrevistados tinham se graduado em Ciências Biológicas entre os anos de 1976 e 1999. Um deles possuía especialização em Sexualidade Humana e fazia mestrado em Engenharia de Produção, um possuía especialização em Imunologia e dois possuíam mestrado: um em Botânica Tropical e um em Engenharia Ambiental.

Foram entrevistados professores do sexo masculino e feminino em proporções praticamente iguais, 08 e 11 respectivamente. Destes professores, 06 trabalhavam em escola federal, 11 eram professores de escolas estaduais e 02 eram de escola municipal. Dos 19 professores entrevistados 09 estavam lecionando no ensino fundamental, 07 no nível médio e 02 em ambos níveis de ensino (Tabela 6).

Tabela 6 - Identificação dos professores entrevistados

Professor(a)	Sexo		Escola em que trabalha			Ano de formação	Nível de ensino em que atua	
	Masc.	Fem.	Mun.	Est.	Fed.		EF	EM
01		X			X	1985		X
02	X				X	1986		X
03		X			X	1988	X	
04	X				X	1990	X	
05	X			X		1983	X	X
06	X				X	1985		X
07		X		X		1976		X
08		X		X		1979		X
09	X			X		1996		X
10		X	X			1986	X	
11	X		X			Não informou	X	
12		X			X	Não informou	-	-
13	X			X		1985	X	X
14		X		X		1977	X	
15		X		X		1985	X	
16		X		X		1998	X	
17		X		X		1989	X	
18		X		X		1999	X	
19	X			X		1997		X
Totais	08	11	02	11	06		11	09#

A entrevista seguiu um roteiro previamente elaborado com sete questões-guia que foram elaboradas no sentido de um aprofundamento crescente, partindo de uma questão geral sobre a opinião do professor a respeito do texto até uma específica sobre a utilização da metáfora da guerra e de comparações no ensino. O intuito era o de verificar se os professores percebiam a utilização, pelo autor do texto, da metáfora da guerra como um recurso didático (roteiro na pág. 92).

As cinco primeiras questões visavam verificar a opinião do professor a respeito do texto utilizado e sua adequação quanto ao nível de ensino e à linguagem utilizada. Estas questões procuravam levantar, de forma espontânea, a opinião do professor sobre a apresentação do sistema imunológico (“defesas” do corpo) no nível de ensino a que se destina o texto, ensino fundamental, e também para o ensino médio. Em nenhum momento,

nessas cinco primeiras questões, foi demonstrado pelo entrevistador o interesse pela utilização da metáfora da guerra, objetivando detectar se o professor percebe a utilização desse recurso de forma espontânea.

As duas questões seguintes se referiam mais especificamente à utilização da metáfora da guerra e de analogias em geral. Foi indicado aos professores um parágrafo contendo as expressões 'batalha' e 'luta' na explicação de um tópico, sendo questionados primeiro de forma geral sobre a forma de explicar utilizada pelo autor e depois indicando as palavras utilizadas por este. A partir daí eram formuladas questões mais específicas quanto ao uso da metáfora da guerra pelos professores na explicação do sistema imunológico, sobre a utilização de recursos metafóricos ou analógicos para outros conteúdos de ciências, e assim por diante, de acordo com as colocações dos professores.

Roteiro da entrevista

1. Opinião do professor sobre o texto.
2. Adequação do texto para a apresentação do sistema imunológico (defesas do corpo) no ensino fundamental quanto à linguagem e nível de detalhamento.
3. Adequação do texto para a apresentação do sistema imunológico (defesas do corpo) no ensino médio quanto à linguagem e nível de detalhamento.
4. Oportunidade de discutir esse assunto em suas aulas.
5. A partir do texto: O que acha importante? O que discutiria? O que não discutiria? Que informação a mais incluiria?
6. (Mostrar página 137, 2ª coluna, 2º e 3º parágrafos) Opinião sobre a maneira de explicar/linguagem: primeiro sem indicar as palavras e depois indicando.
7. Opinião sobre a utilização da metáfora da guerra pelos autores de livros didáticos: se utiliza nas suas aulas, se facilita ou dificulta a compreensão dos alunos, se utiliza metáforas e analogias para outros conteúdos, etc.
8. Explicação do objetivo do trabalho: a utilização da metáfora da guerra no ensino do sistema imunológico.

Após a entrevista foi explicado o objetivo do trabalho, esclarecendo aos professores a preocupação com a utilização da metáfora da guerra nos livros didáticos.

Os resultados obtidos foram divididos em dois segmentos, de acordo com as questões do roteiro de entrevista: a seção **IV.2.1**, engloba as questões 1 a 5, que tinham por objetivo levantar a opinião do professor a respeito do texto "Defesas do corpo humano" e a

seção IV.2.2, engloba as questões 6, 7 e 8 que investigavam a utilização da metáfora da guerra no texto escolhido e também pelos professores em sala de aula.

IV.2 RESULTADOS OBTIDOS COM AS ENTREVISTAS

IV.2.1 O ESTUDO DO SISTEMA IMUNOLÓGICO: OPINIÕES A PARTIR DE UM TEXTO ESCOLHIDO

Neste tópico faremos a análise das cinco primeiras questões do roteiro da entrevista, verificando as opiniões dos professores entrevistados a respeito do texto escolhido: 1) se o professor considera esse texto adequado para o nível de ensino a que se destina - a 7ª série do ensino fundamental - quanto ao detalhamento e aprofundamento dado ao assunto pelo autor; 2) se o texto estaria adequado também para a utilização no ensino médio; 3) se o professor já teve a oportunidade de trabalhar o assunto tratado no texto com seus alunos; 4) quais os assuntos considerados importantes pelo professor e quais ele considera desnecessários no tratamento desse assunto no ensino fundamental.

A organização das categorias de análise é mais complexa quando o instrumento utilizado é a entrevista semi-estruturada e a análise é qualitativa. Como as questões não são rigidamente formuladas, as respostas adquirem características diferentes para cada professor. Em virtude disso tomaremos como categorias de análise as próprias questões formuladas no roteiro da entrevista.

Dos dezenove professores entrevistados, dezoito afirmaram já ter tido a oportunidade de discutir o sistema imunológico nas suas aulas de ciências. Os professores que atualmente lecionam no ensino médio trabalharam esse assunto em anos anteriores. Aqueles que atualmente atuam no ensino fundamental, trabalharam em diversas oportunidades, sendo que alguns professores já haviam utilizado o livro do qual extraímos o texto em anos anteriores e outros o estão utilizando atualmente em suas aulas. Somente um dos professores entrevistados não teve a oportunidade de trabalhar com sistema imunológico nas suas aulas, por ser um professor com pouca experiência.

Opiniões dos professores sobre o texto escolhido

As opiniões dos professores a respeito do texto foram bastante variadas. Contudo, a opinião da maioria deles foi favorável à abordagem dada pelo autor. Seis professores consideraram o texto adequado, não fazendo qualquer ressalva à apresentação desse assunto no capítulo utilizado na entrevista. Dos demais professores, sete consideraram o texto acessível, mas fizeram críticas ao texto e seis professores mostraram-se desfavoráveis, achando-o difícil para os alunos. As principais críticas desses professores giraram em torno de três pontos principais: a complexidade do conteúdo que por si só dificulta a apresentação do sistema imunológico no texto, a linguagem utilizada, com muitos termos científicos, que os alunos não compreendem, e a falta de ligação com o cotidiano dos alunos.

Dentre os professores que consideraram o texto adequado, surgiram as seguintes opiniões: *“Eu achei ele bastante didático, bem ilustrado, de fácil compreensão e relacionando muito com as coisas do cotidiano, da vida mesmo”* (Professora 01); *“Eu achei que é um texto fácil. Eu acho que pra 1º grau tem que ser assim, senão fica muito complexo e ele não entende. Então, eu achei fácil de entendimento, achei um texto bom.”* (Professora 16).

Um desses professores se posicionou a respeito da utilização da analogia do castelo medieval apresentada na introdução do capítulo:

“Bem, ele apresenta algumas comparações... No início aqui, ele compara o corpo com um castelo medieval, que esse castelo medieval tem que ter defesas pra o ataque de organismos que possam causar algum tipo de problema à saúde do indivíduo. (...) Mostra de uma maneira, assim... Até utilizando palavras do cotidiano do aluno. Mostra como realmente ele funciona. Obviamente que quando ele chega no 2º grau ele vai ter que ter... Novamente ver esse assunto, mas de uma maneira mais aprofundada.” (Professor 09)

Este professor citou a analogia do castelo medieval, destacando-a como uma forma de utilizar palavras do cotidiano dos alunos para introduzir o conceito a ser estudado.

Uma das professoras, a professora 10, colocou que o livro que utiliza em suas aulas é muito resumido (Marques e Porto) e que o texto utilizado na entrevista é bastante abrangente. Esta colocação da professora condiz com os resultados da nossa análise dos livros didáticos de ensino fundamental e médio, onde percebemos a baixa incidência de capítulos sobre o sistema imunológico ou, quando estes estavam presentes, eram resumidos

e pouco esclarecedores do conteúdo, sendo apresentados de forma sintética e fragmentada no ensino fundamental e praticamente ausente no ensino médio. Dessa forma, o texto escolhido para a entrevista foi selecionado por possuir uma quantidade maior de informação a respeito do sistema imunológico e das “defesas” do corpo humano, em comparação com outros livros destinados ao mesmo nível de ensino.

Sete dos professores entrevistados, apesar de considerarem o texto escolhido bom, fizeram algumas ressalvas quanto à forma de apresentação do capítulo e à terminologia utilizada pelo autor. Alguns destes professores consideraram o texto fora da realidade do aluno, por não fazer alusões ao cotidiano e a assuntos que seriam do interesse deles, usando uma terminologia científica que os alunos não conseguem compreender. Um professor fez uma análise geral do capítulo, fazendo suas críticas a respeito do texto:

“Eu acho que o texto, em termos de informação é muito bom, ele dá uma noção de quantidade de informação legal para um aluno de segundo grau.”

E.: Este é um livro de 7ª série. Do Barros e Paulino.

“Achei que parece um livro de ensino médio. Ele dá uma quantidade de informação legal e faz até alguma relação com coisas como vacinas, a importância, soro. Ele faz algumas referências a coisas práticas. É uma maneira de ver a biologia. Eu acho que é uma maneira... não sei se é o termo correto, muito tecnicista, no sentido de dar ênfase aos nomes biológicos (...). O estudo fragmentado do corpo humano, até de certa maneira tecnicista, porque há pouca relação entre as defesas do corpo e o funcionamento como um todo. Quando ele explica ‘os leucócitos saem’, ele mostra um ponto de vista, mas ele não coloca que o organismo todo colabora e de que maneira colabora para que isso aconteça. Ele leva o aluno a memorizar funções e processos; abre mão da compreensão do todo, de certa forma, do conjunto; pressupõe ferramentas que já foram aprendidas, tanto que o aluno para saber isso aqui ele deve saber o que é uma enzima, e trabalha com essas ferramentas numa linguagem bastante específica, se eu não sei o que é uma enzima, dificilmente eu vou entender o que é anticorpo, ou como é que age um anticorpo. Por exemplo, não faz alusões ao modo de vida das pessoas, a maneira como elas vivem, o tipo social que elas pertencem, a relação que elas têm com o alimento, com a saúde de modo geral e a avaliação então colabora nesse sentido. Por isso, às vezes, dá uma visão da biologia, ou de uma parte da biologia, muito fragmentada, e eu tenho tentado desconstruir essa imagem, tentando trabalhar nas minhas aulas uma visão mais holística, mais geral da questão do corpo humano.”
(Professor 02)

O professor 11 considerou o texto acessível para ele, mas muito complexo para os alunos, principalmente pela utilização de termos científicos e que “o aluno ele realmente precisa, para ele entender o texto, ele precisa que o professor realmente ele explique muito, explique bastante mesmo.”

Com esses depoimentos, percebemos como o problema da terminologia científica, usada principalmente nas ciências e na biologia, preocupa os professores, que vêem seus alunos não compreendendo os conteúdos biológicos por não compreenderem as palavras utilizadas na área. Os autores de livro texto têm dificuldade em passar o conhecimento científico para uma linguagem que possa ser compreendida pelos alunos.

Alguns professores, porém, consideraram a linguagem usada pelo autor adequada para a 7ª série, mas fizeram críticas quanto aos aspectos estruturais do texto e quanto ao aprofundamento dado pelo autor para certos tópicos. A professora 07 acha que o autor utiliza termos apropriados, pois considera que os alunos *“não conseguem compreender termos muitos científicos”* mas que seriam necessários mais desenhos para facilitar a compreensão dos alunos. Já o professor 19 ressaltou alguns problemas referentes ao aprofundamento dado pelo autor em alguns momentos considerado por ele como desnecessário.

Alguns professores, ao lerem o texto acharam que se tratava de um capítulo de um livro de ensino médio. Esses professores estão entre os que consideraram o texto inadequado para o ensino fundamental. Os motivos apresentados pelos professores foram muito variados: a professora 03 considerou que *“a maneira como ele apresenta torna difícil para o aluno compreender, porque em nenhum momento ele traz a realidade do aluno”*; o professor 06 achou o texto muito confuso pois *“ele só fica jogando uma série de nomes e explica muito pouco a respeito de como realmente o sistema imunológico funciona”*; para a professora 08 o texto é desorganizado, pois não é separado por assunto ou por itens daquele assunto, o que torna o texto *“antididático”* para os alunos; a professora 12 considerou o texto bom para o professor mas difícil para os alunos pois *“ele é um texto denso, com muitos termos científicos”* e que seria difícil também para o ensino médio; já para a professora 15 o texto é *“muito superficial”* pois *“ele não esclarece o nosso aluno no que ele precisa mesmo, no dia-a-dia. É muito técnico, científico. (...) É um conhecimento que ele não consegue ligar com o seu dia-a-dia.”*; para a professora 12 *“esse capítulo é um dos capítulos mais confusos pro aluno porque as explicações são muito concentradas. Explica muita coisa, num texto muito compacto e usa muito termo”*.

Como vemos a partir dessas exposições, a crítica mais freqüente dos professores se dá em relação à terminologia científica utilizada pelo autor, e pelos autores de livros didáticos em geral, na apresentação dos conteúdos nos livros. Entretanto, consideramos

que a linguagem que o autor utiliza para explicar o sistema imunológico precisa ser científica o suficiente para não comprometer o conhecimento que pretende ser passado para os alunos, para que não fuja ao conhecimento científico atual. No entanto, ela precisa ser colocada de uma forma que possa ser entendida por alunos de 12-13 anos. A adequação da linguagem ao vocabulário dos alunos de 12-13 anos deve ser conciliada com a necessidade dos alunos tomarem contato com os termos científicos utilizados na área.

Outra crítica freqüente foi com relação à falta de ligação do texto com o dia-a-dia dos alunos. Os professores consideraram que o “texto técnico” se resume à informação técnica do assunto, sem relação com o conhecimento do dia-a-dia dos alunos. Esta é uma constatação bastante importante e válida, apesar do texto escolhido ser um dos que consideramos mais adequados e próximos do dia-a-dia dos alunos. Os outros livros, analisados no capítulo anterior, apresentam o conteúdo do sistema imunológico de forma ainda mais fragmentada e desconectada do dia-a-dia dos alunos, apresentando os conceitos na forma de tópicos estáticos, que não dão uma visão mais geral do funcionamento das defesas do organismo.

Neste ponto percebemos como são diferentes as opiniões dos professores a respeito de um mesmo texto ou de como deveria ser um texto adequado para a 7ª série. Alguns professores são da opinião de que o mais adequado seria esquematizar, resumir e dar o conteúdo de uma forma mais simples, com palavras do dia-a-dia dos alunos, preferencialmente sem utilizar termos científicos ou aprofundar além dos conceitos básicos da imunologia, excluindo processos químicos essenciais para a compreensão do funcionamento do sistema como um todo. Por outro lado, poucos professores consideraram o texto bom por apresentar o sistema imunológico de uma forma um pouco mais estruturada do que os outros livros didáticos disponíveis no mercado, por mostrar melhor o funcionamento do sistema imunológico, minimamente citando os seus componentes, funções e dando uma visão mais geral do que os tópicos comumente utilizados na apresentação desse assunto.

Como dissemos anteriormente, o texto foi escolhido por se tratar de um texto que nós consideramos mais adequado, em termos de linguagem e aprofundamento, para a 7ª série, em comparação com os outros livros por nós analisados. Concordamos com os professores nas críticas feitas quanto à necessidade de os livros didáticos estarem ligados ao cotidiano dos alunos e de não abusarem dos termos técnicos e científicos. Contudo,

ressaltamos a importância de se levar aos alunos o conhecimento científico e sua terminologia.

Adequação do texto ao ensino fundamental

Quando perguntados sobre a adequação do texto para apresentação dos conceitos no ensino fundamental, quanto à linguagem e nível de detalhamento, 13 professores consideraram o texto adequado para o ensino fundamental, mas muitos destes fizeram críticas a respeito da apresentação do conteúdo pelo autor. Somente seis professores consideraram o texto inadequado.

Entre os professores que consideraram o texto adequado, alguns fizeram colocações a respeito do aprofundamento e termos utilizados pelo autor: o professor 04 acha que alguns itens apresentados no texto, certos nomes específicos, devem ser deixados para aprofundar mais no ensino médio; para o professor 09, o professor deve incentivar o aluno a procurar o significado das palavras que ele não compreende e também *“tentar colocar no patamar do cotidiano do aluno, tentar utilizar exemplos que possam vir a acontecer durante a vida do aluno ou que já aconteceram”*; já a professora 10 acha que os livros didáticos geralmente trazem *“um texto meio difícil”* mas que *“é um vocabulário que a gente vai atrás, pega o dicionário e consegue decifrar”*; para o professor 11 o texto *“poderia ser mais resumido, poderia ter termos mais simples para o aluno entender melhor.”*

Estes professores apresentaram preocupações comuns a respeito do aprofundamento dado ao assunto, da terminologia utilizada pelo autor e pela falta de ligação do conteúdo ao cotidiano dos alunos. Estes professores de maneira geral se mostraram preocupados com a utilização de termos que representam dificuldades de compreensão para os alunos. Contudo eles colocaram que, com a ajuda do professor, com a ajuda de um dicionário ou de outras fontes de pesquisa, como laboratórios, textos de outros autores, seria possível aproveitar um texto um pouco mais complexo e extenso do que comumente os livros de ensino fundamental apresentam.

Outros professores já apresentaram opiniões diferentes, considerando a linguagem do texto adequada, bem ao nível dos alunos, utilizando termos simplificados que facilitariam a compreensão do assunto, chegando até a considerar o texto um pouco

resumido: para a professora 08 a linguagem utilizada é adequada e está mais adaptada ao dia-a-dia. Ela critica *“a desorganização na descrição dos termos”* que *“deveria ser mais minucioso, um pouco mais detalhado nesses destaques”*; para o professor 13 este texto é muito resumido, mesmo sendo *“o que age de uma maneira mais simplificada e corrente.”*

Outros professores que consideraram o texto adequado fizeram algumas críticas mais gerais a respeito do texto: para a professora 07 está *“faltando um pouquinho mais de desenhos das coisas para eles entenderem melhor”*; para a professora 16 *“às vezes tem coisas mais complicadinhas, mas daí o professor dá um auxílio, mas eu acho que ele já tem conhecimento pra entender”*; para a professora 17 está *“um pouco confuso.”*

Vários professores se posicionaram de forma negativa a respeito do texto, não o considerando adequado para o ensino fundamental. Destes, os professores 01 e 02, logo no início da entrevista, sem serem informados que se tratava de um texto de ensino fundamental, consideraram como sendo um texto de ensino médio. A professora 01 colocou que *“Tem muito conteúdo para tratar um tema desses no ensino fundamental. A gente trabalha de um modo mais assim... Pontuando, pincelando as coisas principais, não se trabalha assim”*. Já o professor 02 colocou que

“Eu imaginei isso para o ensino médio, porque tem frases, até a maneira do texto em si requer uma certa associação de idéias, de aprendizados que o aluno já teve. (...) Acho que a linguagem tá muito profunda, (...) bastante técnica e pelo que eu vejo do ensino fundamental, eu acho que tá um pouco distante da realidade do aluno.”

No geral, o motivo dos professores não acharem adequado o texto é o de que este seria muito técnico, com palavras muito difíceis e o conteúdo muito aprofundado para este nível de ensino: para a professora 3 a linguagem utilizada *“é difícil do aluno compreender, (...) tem que falar uma linguagem mais simples senão eles não entendem”*; na opinião do professor 06 *“é muita nomenclatura e pouca fisiologia”*; para a professora 12 não é uma linguagem adequada porque *“eles (os alunos) não têm um vocabulário para entender um texto desses, é muito complicado para eles. Tem coisas que eu acho que a 7ª série não precisa saber... Ainda... Saber no segundo grau.”*; para a professora 15 o texto *“tem muitos termos científicos que o nosso aluno não está acostumado. (...) As palavras tão complicadas para eles. A gente tem que traduzir, tem que estar passando para um outro vocábulo.”*

Adequação do texto ao ensino médio

O próximo ponto levantado na entrevista foi com relação à adequação do texto escolhido para o ensino médio, ou seja, foi questionado se, caso fosse usado um texto com um conteúdo do mesmo nível do apresentado no texto escolhido, este seria adequado para o nível médio, quanto à linguagem e o detalhamento utilizado.

Como constatamos no capítulo anterior, os livros didáticos de nível médio geralmente não apresentam o sistema imunológico ou as defesas do organismo como um tópico de estudo. Alguns professores entrevistados defenderam que no ensino fundamental não seria necessário um detalhamento maior sobre o sistema imunológico pois isso seria visto com maiores detalhes mais tarde no ensino médio. Essa é uma colocação que não se confirma, como pudemos ver em nossa análise dos livros didáticos de nível médio.

– Quanto à adequação do texto para o ensino médio, os professores em sua maioria consideraram o texto adequado também para a utilização no ensino médio. Somente quatro professores consideraram o texto inadequado para este nível de ensino.

Alguns dos professores que consideraram o texto adequado também colocaram que seria necessário alterar um pouco o seu conteúdo para trabalhar no ensino médio, apenas indicando uma bibliografia complementar no caso do interesse dos alunos e acrescentando textos e informações adicionais. Colocaram que: *“O que interessa para o aluno tá aqui. Então, se ele se interessa pelo assunto, nós professores temos todo o direito e o dever de indicar bibliografia que possa enriquecer o conteúdo”* (Professora 08); *“O que daria era pra puxar mais alguns textos, você estaria aprofundando, a fazer um trabalho, desenvolver mais os diferentes aspectos”* (Professora 10).

Outros professores consideraram o texto adequado, mas acham que ele ainda está muito complexo para o nível médio e com uma linguagem técnica difícil: o professor 02 considera que *“Para o ensino médio ele já contempla algumas abordagens, embora o texto em si, para uma unidade, para um capítulo, ele ainda carrega muito na questão técnica. (...) Eu acho que precisa priorizar mais o contexto geral do que o específico em relação a nomes, processos, coisas assim”*; para o professor 11 *“O texto tá mais adequado para o ensino médio, agora eu achei ele um pouco complexo para o aluno em si.”*

Outros professores consideraram o texto escolhido adequado, mas que seria preciso complementá-lo para ser utilizado no ensino médio: para a professora 01 *“Seria legal, a*

gente como professor acrescentar mais algumas coisas. (...) Na forma mais didática, mais esquemática.”; para a professora 07 “o texto tá bom, mas teria que acrescentar mais detalhes. (...) Eu digo que existem vários tipos de leucócitos, aí eu tenho que mostrar, eu tenho que dizer como é que funciona, para que serve cada um.”; na opinião do professor 09 seria necessário acrescentar “alguns mecanismos que a nível de 7^o série ficaria um pouco truncados, até porque eles não tiveram química, uma química orgânica, uma química inorgânica e não saberiam ligar os fatos entre si na verdade”; já para a professora 18 “no ensino médio você vai detalhar um pouco mais, (...) A linguagem seria a mesma, o que poderia fazer é aprofundar um pouquinho mais a matéria.”

Os demais professores, que consideraram o texto inadequado, colocaram que ele “*não estaria adequado no nível de profundidade, de aprofundamento do conteúdo*” (Professora 03), que “*o texto inteiro é permeado de termo técnico, mas você não chega a uma conclusão para ver o sistema todo funcionando*” (Professor 06); que “*ele não teria o contexto científico suficiente para o ensino médio*” (Professora 15)

Como pudemos perceber, as opiniões dos professores são bastante antagônicas a respeito da linguagem e aprofundamento utilizados no texto exemplar e o que seria considerado por eles como ideal para os níveis fundamental e médio de ensino. Houve professores que consideraram o texto superficial e simples ou profundo e complexo, a linguagem simples e adequada ao nível de ensino a que é destinado ou técnica e fora da realidade do aluno. A que se devem essas diferenças de opinião quanto ao aprofundamento e linguagem adequados para ambos os níveis de ensino? Cremos que elas são fruto da experiência pedagógica dos professores, do público com o qual eles têm trabalhado, da forma como eles encaram a tarefa didática do professor, do seu relacionamento com o conteúdo e com os alunos, dos currículos que devem ser seguidos, da sua formação... Todos esses fatores influenciam na determinação do que vai ser ensinado, como vai ser ensinado e para que vai ser ensinado.

Assuntos considerados importantes

O último ponto desse tópico vai nos mostrar quais assuntos os professores consideraram importante trabalhar no tratamento do sistema imunológico. Tomando o texto como exemplo, eles foram questionados sobre o que discutiriam, o que não discutiriam, o que poderia ser excluído ou não de um texto destinado para o ensino fundamental ou que

informação a mais incluiriam. Como as respostas foram muito variadas, optamos por organizá-las em uma tabela (Tabela 7).

Tabela 7 - Assuntos considerados importantes pelos professores.

Prof.	O que discutiria	O que incluiria	O que alteraria	O que excluiria
01	Papel e importância de todo sistema imunológico e os principais pontos			Detalhes e especificações
02		Visão mais geral de saúde; trabalho a atitude do aluno; problematização de situações do cotidiano; reportagens de jornais e revistas; experiências práticas	Faltou uma ligação entre o sistema linfático e o sistema imunológico; partiria do geral para o específico	
03	Todo o texto poderia ser discutido	Relações com o cotidiano; exemplos no corpo	Linguagem mais fácil para o aluno; não usaria um texto descritivo	
04	Defesa externa e interna; anticorpos; AIDS; vacinas			Detalhes; diapedese; mecanismo e funcionamento das vacinas
06	Citaria as linhas de defesa; importância da pele	Lágrimas, cera de ouvido e cutículas como meios de defesa; exemplos práticos do dia-a-dia do aluno		
07	Diferença entre vacina e soro; antibióticos; tipos de leucócitos	Mais desenhos simples e esquemáticos;		
08	AIDS; produção de anticorpos; diferença entre vacina e soro		Reformularia em tópicos e manteria o mesmo aprofundamento; aprofundaria sobre o vírus da AIDS e produção de anticorpos	
09	Primeiras defesas;	Levar o aluno a pesquisar mais		Nomes complicados; parte anatômica
10	Pele; leucócitos; exames de sangue; mecanismos da fagocitose, diapedese, produção de anticorpos; vacinas e soros; AIDS		Quantidade de conteúdo	
11	AIDS e o sistema imunológico	Não incluiria nada no texto; pesquisa extra	Detalharia cada ponto	
12	Pus pela relação com a experiência do aluno; AIDS			
13	O texto é sucinto, toca nos pontos que tem que tocar			Palavras complexas: o que é linfócito B, neutrófilo
16			Poderia resumir	Não excluiria nada, talvez a parte de curiosidades
17	Linfa como um sistema paralelo mas sem detalhar		Poderia ser mais resumido e falar mais da importância e funcionamento do sistema imune; explicar de maneira mais fácil e com menos nomes	AIDS, porque já fala em capítulo anterior
18	Está bom assim; falaria da linfa e anticorpos			
19	Acha que o texto está bem		Acrescentaria algumas coisinhas que estejam pendentes	Não excluiria nada

Obs.: Os professores 05, 14 e 15 não foram questionados sobre este ponto.

Percebemos que os professores entrevistados estão preocupados com a relação do aluno com o texto estudado, considerando importantes os tópicos que eles possam

relacionar com o seu dia-a-dia. Estão preocupados com uma visão mais geral de saúde, com exemplos práticos e com a forma de apresentação do texto. Consideram desnecessária a utilização de termos técnicos, detalhes do funcionamento do sistema e dos nomes das células que o compõem.

No entanto, não evidenciamos a preocupação com a linguagem metafórica utilizada pelo autor. Em nenhum momento os professores ressaltaram que a utilização das expressões metafóricas poderiam estar auxiliando ou prejudicando o desenvolvimento desse assunto no texto. Percebemos também que há a tendência para a simplificação, ou seja, os professores geralmente sugerem que o assunto seja tratado de uma forma mais simplificada, com menos termos técnicos ou científicos, com conceitos básicos e superficiais, e muitas vezes utilitaristas.

O professor 02 analisou o conteúdo presente no texto e considerou necessária uma visão mais geral de saúde ao invés de aspectos técnicos da disciplina:

“Então eu penso, que no meu ponto de vista eu faria o oposto, partiria de uma coisa mais geral e em alguns momentos eu introduziria aspectos técnicos da disciplina, alguns conceitos, alguns nomes que são específicos para poder entender isso aqui e eu acho que, a maneira de abordar é que talvez precisasse repensar.”
(Professor 02)

Já o professor 06 considerou inadequada a forma como o autor apresentou o texto e deu um exemplo de como poderiam ser discutidos esses assuntos na 7ª série, sem utilizar termos complicados, começando de uma maneira mais geral para depois chegar ao funcionamento mais específico. Este professor foi bastante crítico quanto à utilização de uma terminologia científica pelo autor do texto:

“A gente pode vir a trabalhar nessa linha com a 7ª série ‘Bom, entendemos quais são esses elementos (os elementos do sistema imunológico), vamos começar a dar nomes a isso daí’. Aí nós vamos partir para um outro ponto ‘E se o microorganismo entrou em você? O que nosso organismo vai fazer?’ Aí eu começaria ‘Bom, existe no sangue um grupo de células assim... Que elas têm a incubência de fazer isso...’ Mas, levar o indivíduo a ir pensando. Se fosse para um ensino médio, eu usaria uma série de termos que estão aqui, mas exploraria também o lado do funcionamento. Isso aqui é o típico texto que faz com que o aluno tenha aquela mágoa de biologia, é nome, nome... E ele não vê uma aplicação prática (...). O texto é eminentemente técnico, ele cumpriu a função de dar nomes, agora, colocar isso aqui no teu dia-a-dia, não.” (Professor 06)

A preocupação principal da professora 08 foi com relação à apresentação do texto, que aparece de forma descritiva. A professora considera mais adequada a colocação de

tópicos, dividindo o assunto em itens que facilitem a localização pelo aluno e a retirada dos pontos mais importantes: *“Para o 1º grau, se eu pegasse esse texto aqui eu ia reformulá-lo todo com os tópicos, eu ia dividir todo esse assunto aqui. Eu poderia manter a mesma profundidade do assunto, mas eu iria mudá-lo todo”.*

Já a quantidade de conteúdo foi colocada por alguns professores como uma característica dificultadora do trabalho com este texto. Para a professora 10 *“uma coisa que é complicada é a quantidade de conteúdo, isso sim que eu vejo como empecilho pra ti aprofundar mais.”* O conteúdo da imunologia, segundo a professora 14, é bastante teórico, o que contribui para dificultar ainda mais a aprendizagem do aluno:

“Eu acho que poderia ser mais resumido em certas explicações e falar mais da importância do sistema imune frente às doenças e tal, de como funciona (...). Acho que a maior dificuldade de explicar isso aqui é que não tem como demonstrar muito isso na prática (...). Esse aqui é o capítulo mais difícil, porque é o mais teórico, é o mais confuso pra eles, a gente sente que não prende muito o interesse da turma, os desenhos eles olham e não entendem, é muita coisa assim... Eles podiam talvez explicar de uma maneira mais fácil e menos coisas e não usar tantos nomes de células.” (Professor 14)

Uma idéia para resolver o problema da abstração necessária para entender o sistema imunológico é dada pela professora 12, que utilizaria o conceito de pus como uma forma de introduzir o assunto, facilitando a visualização pelo aluno, por fazer parte da realidade deles:

“O mais importante na verdade de tudo isso aqui que eu li agora eu creio que seja o pus, porque ele vê e se tu vai pelo pus e explica, ele vai entender muito mais fácil (...), pela própria experiência deles. Se tu fala muito abstrato... Para eles a citologia é abstrata. É difícil eles entender, como é que se dá as trocas (...). Então tem que buscar lá a coisa que é real do dia-a-dia deles, aí com certeza a gente consegue trabalhar mais fácil, esclarecer mais fácil e talvez então chegar nos conceitos mais sistemáticos.” (Professora 12)

Apesar do fato do sistema imunológico ser um assunto que apresenta dificuldades de visualização, não se pode dizer que ele não faça parte do dia-a-dia das pessoas. O sistema imunológico atua diariamente no nosso corpo, não agindo somente em ocasiões de doenças. O que os professores poderiam fazer ver aos seus alunos é que este sistema, junto com as “defesas” externas representadas pelos pêlos, lágrimas e pele por exemplo, é muito importante no seu dia-a-dia, pois é ele que garante a manutenção da nossa saúde, mantendo afastadas a maioria dos patógenos com o qual tomamos contato nas nossas atividades diárias.

Portanto, é de extrema importância a compreensão do funcionamento desse sistema, e podemos utilizar, para explicá-lo, palavras que os alunos possam compreender e ajudá-los a ver como o sistema imune participa na manutenção da saúde corporal.

IV.2.2 A METÁFORA DA GUERRA NA OPINIÃO DOS PROFESSORES

Para investigar as opiniões dos professores a respeito da utilização da metáfora da guerra, optamos por indicar no texto escolhido um parágrafo onde apareciam as palavras batalha e luta, questionando os professores sobre o que eles achavam da maneira de explicar aquele tópico. O parágrafo indicado foi o seguinte:

“Uma porção de pus é amostra de uma ‘batalha’: células danificadas do tecido atingido, leucócitos mortos e organismos invasores destruídos. A luta contra uma infecção geralmente é localizada, consistindo em dor e inchaço na área afetada. Quando essa luta não vai bem, então surge uma resposta mais generalizada do corpo: a febre e o aumento do número de glóbulos brancos no sangue.” (Barros e Paulino, 1997 p.137)

A princípio, não foi indicada a intenção de investigar a utilização da metáfora pelo autor. Assim, alguns professores, nas suas respostas, ressaltaram a importância de se falar sobre o pus e da questão da febre, assuntos que eram abordados no parágrafo indicado. As respostas dos professores para o mesmo questionamento foram, como em todas as questões da entrevista, muito variadas, pois os professores observavam aspectos diferentes relacionados ao mesmo parágrafo ou à mesma pergunta. Tendo em vista essas diferenças, foi bastante difícil estabelecer um padrão para as opiniões apresentadas. Contudo, procuramos formular categorias de respostas para permitir uma análise global das opiniões dos professores.

Conforme explicamos anteriormente, o roteiro da entrevista foi formulado de modo a ir aprofundando o questionamento, para chegarmos aos poucos às questões mais específicas sobre a metáfora da guerra. Assim, com a indicação desse parágrafo, procuramos identificar se os professores percebiam a utilização dessas expressões metafóricas, caso não tivessem feito menção a elas anteriormente nas outras questões a respeito do texto.

Linguagem utilizada no parágrafo indicado

Poucos professores falaram sobre as expressões metafóricas presentes no texto logo no início da entrevista. À professora 03, justamente uma das que haviam falado sobre a utilização das expressões metafóricas em questões anteriores, o questionamento foi feito mais diretamente, já indicando as palavras batalha e luta logo no primeiro momento, quando foi indicado o parágrafo. Outros quatro professores, logo após a indicação do parágrafo, falaram a respeito da utilização das expressões batalha e luta. Destes, somente um considerou inadequada a linguagem utilizada pelo autor.

Os outros quatorze professores não falaram da utilização das expressões metafóricas no início da sua resposta. A maioria dos professores se deteve na explicação do pus e da febre que era feita no parágrafo, sendo que dez professores consideraram a forma que o autor utilizou para explicar a formação do pus e a importância da febre condizente com o conhecimento do dia-a-dia dos alunos. Consideraram uma forma didática e mais fácil para os alunos compreenderem como ocorre a reação do organismo a uma agressão externa ou a um patógeno. Os outros quatro professores consideraram a linguagem desse parágrafo muito simples para explicar um processo muito mais complexo e não gostaram da forma utilizada para apresentar esse assunto.

Quando foram indicadas as palavras batalha e luta mais diretamente, a maioria dos professores, 16 entre os 19, se mostrou favorável à utilização dessas expressões metafóricas para explicar o assunto abordado, sendo que somente os professores 02, 06 e 15 se mostraram contrários à sua utilização. Dos professores favoráveis à utilização da metáfora da guerra, alguns levantaram críticas a respeito dessa utilização, colocando parâmetros para a aceitação desse tipo de recurso.

a) Professores que perceberam as expressões metafóricas logo na indicação do parágrafo:

Os professores 07 e 11 apresentaram opiniões semelhantes e consideraram essa forma de explicar como sendo a mais apropriada, por ser uma linguagem próxima a dos alunos:

“É a maneira que eles entendem a nível de 7º série. A batalha, a luta... Às vezes eu faço até representação na sala de aula, uns são os antígenos, outros são os anticorpos. Eles ficam se debatendo um com o outro, e tem que sair vitorioso o outro, e tal... Então esses termos assim... Batalha... E tu fazendo eles

representarem assim... É uma maneira que entra e nunca mais sai..” (Professora 07)

“Esse enfoque, por exemplo, aqui ele falar da batalha, das células danificadas, as células que foram atingidas, os invasores, a luta, comparando isso, e quando a gente trabalha o sistema imunológico, eu tento exemplificar dessa forma, falar que é uma espécie de uma batalha, o agente estranho, a célula de defesa, os soldados, os guardiões, as armas e assim por diante, pra tornar mais acessível. Então essa linguagem que ele usa eu acho que vai bem de encontro com a idade deles, dos alunos da 7ª série, na faixa dos 13 anos.” (Professor 11)

Para a professora 03, as expressões ‘batalha’ e ‘luta’ *“se forem sempre trabalhadas entre aspas, assim, fazendo uma correlação ‘é como se fosse’, aí eu acho que tudo bem, fica mais fácil de ser compreendido”*. Essa colocação demonstra a percepção da professora da necessidade de se esclarecer bem o objetivo do uso dessas expressões no texto, sempre indicando que estas são um recurso utilizado para se explicar o assunto, sendo demonstrado isso pela utilização das aspas. Em seguida a professora foi questionada mais diretamente sobre a utilização das palavras “batalha” e “luta”:

“Acho que... Num momento eu li assim ‘é como se comparasse a uma guerra’, não fala assim? (mostra a pág. de introdução) ‘Porém assim como os castelos.... Linha de defesa mais próxima representada...’ Então quando ele coloca entre aspas, pra mim se ele tivesse fazendo uma comparação para tornar mais fácil o aprendizado, isso tudo identificado como sendo uma palavra para facilitar a compreensão, tudo bem. Agora botar no texto como se fosse ataca, defende, ele tá personalizando uma coisa que acontece naturalmente. Eu acho que num momento de uma explicação e até como curiosidade poderia usar, entre aspas ‘é uma batalha’, tá comparando alguma coisa, mas botar ação, personalizar... Não dá certo.” (Professora 03)

Esta professora levantou a questão do efeito causado pelas analogias e metáforas, que muitas vezes acabam por personificar ou dar características antropomórficas para os componentes do nosso corpo. Este é um perigo que cerca a utilização das analogias e metáforas no ensino de ciências. Principalmente no caso da metáfora da guerra este perigo é bastante visível, pois geralmente as células do sistema imunológico são comparadas com “soldados”, participando da “defesa” do nosso corpo.

O professor 09 nos colocou uma opinião que evidencia clareza quanto ao uso da guerra como metáfora para a explicação do fenômeno:

“Batalha né? Batalha... Na verdade a batalha que eles colocam aqui é uma maneira deles colocarem... expor a forma como que ocorre... a maneira de contenção, de proteção do nosso organismo em relação a esses antígenos. E o nome batalha indica guerra, indica luta e para o aluno entender, de uma certa

maneira até é bom. Não se pode deixar na mente dele é que é uma batalha que se corre risco de vida, morte. Na verdade é algo que o organismo tem, naturalmente, de se defender contra a ação de agentes patogênicos, o que não deixa de ser entre aspas, como tá até colocado no livro, uma batalha. O sentido na verdade seria um sentido figurado aqui que é colocado da palavra, para explicar o mecanismo de proteção e o mecanismo de reação antígeno anticorpo que ocorre dentro do organismo.” (Professor 09)

Apesar do sentido da palavra batalha ser figurado, uma das características da guerra que pode ser comparada com o sistema imunológico é a possibilidade de qualquer um dos lados sair vencedor. Se o sistema imune não consegue controlar uma infecção, o lado do agente patogênico será o vencedor, o que provavelmente implicará na morte do ser infectado.

A professora 15, no entanto, não achou adequada a utilização da palavra batalha para explicar o tópico em questão:

“Eu acho que ainda tá um pouco superficial. Ele precisaria dar mais uma esmiuçada um pouquinho mais, dar mais uma abertura para o aluno se situar melhor. Aqui ele já coloca a palavra batalha pra eles, na hora assim que ele não tem... A batalha pra eles não é algo de... Que nem no nosso caso, batalha pra ele não tem nada a ver com as funções do corpo, batalha está em outro texto, está em outra situação. A palavra batalha ali pra mim está muito carregada. (...) Eu acho que quando você conversa a respeito de pus, você sempre coloca que ali é o resultado do combate dos nossos anticorpos e leucócitos e onde vai aparecer alguns mortos e mais o que precisar.”

E.: E quanto à utilização dessa comparação? Da ‘batalha’? Da metáfora da guerra que é utilizada no sistema imunológico. O que você acha dessa utilização?

“Batalha... Eu não sei... Eu acho que batalha não combina com o tipo de texto que eles querem, do tipo de texto que eles estão preparados. A gente até, às vezes assim... A batalha... Fala pra eles, mas eles não tão vendo batalha como uma palavra que esteja direcionada a um combate no organismo, eles ainda não conseguem captar isso porque a batalha para eles é uma coisa mais física, física de corpo.” (Professor 15)

Esta professora estabelece uma diferença entre a compreensão do significado da palavra “batalha” e do “combate”. No entanto, no imaginário popular e no dicionário, estas palavras possuem o mesmo significado e tanto uma quanto a outra indicam a mesma ação:

“Combate: s. m. 1. Ato ou efeito de combater. 2. Luta entre forças militares de pequeno vulto e de amplitude menor que uma batalha. **Batalha:** s. f. 1. Combate geral entre exércitos ou armadas. 2. Combate, luta. 3. Contenda, discussão. **Luta:** s. f. 1. Combate entre duas ou mais pessoas, com armas ou sem elas, com intenção de subjugar, pôr em fuga ou matar. 2. Pugna entre forças armadas; batalha. 3. Esp. Luta livre. 4. Conflito entre partidos políticos. 5. Empenho, esforço, lida. - L.

livre: luta entre dois atletas, na qual se permitem quaisquer golpes. Guerra: s. f. 1. Luta armada entre nações, por motivos territoriais, econômicos ou ideológicos. 2. Campanha. 3. Luta. 4. Arte militar.” (Definições do dicionário Melhoramentos Soft da Língua Portuguesa, Cia Melhoramentos de São Paulo Indústria de Papel S.A.)

b) Professores que não perceberam a metáfora da guerra inicialmente, mas que acharam interessante a linguagem utilizada pelo autor para explicar o parágrafo:

Os professores interpretaram a questão de formas variadas e se mostraram preocupados com a forma utilizada pelo autor para explicar o assunto abordado. Os professores consideraram o parágrafo adequado por estar relacionado com o conhecimento do dia-a-dia dos alunos, por falar em pus que é uma reação do sistema imunológico que pode ser visualizada e com a qual todos os alunos já devem ter tomado contato. É interessante que, embora a preocupação principal dos professores seja a linguagem utilizada para explicar o sistema imunológico, poucos professores falaram da utilização da metáfora da guerra ou das expressões metafóricas ‘batalha’ e ‘luta’ presentes no parágrafo indicado na entrevista. As colocações de alguns dos professores foram as seguintes: *“Isso aqui mexe muito com o cotidiano deles, eu acho que todo mundo já teve pus, então eles já vão visualizar isso”* (Professor 04); *“Eu já expliquei isso para eles. Passo para exemplos práticos, dou exemplos práticos de uma queda, de uma infecção (...), então eles transferem para aquilo que eles já vivenciaram e eles conseguem entender”* (Professora 08).

Estes professores, após a indicação das palavras batalha e luta, se mostraram favoráveis a utilização desse tipo de linguagem:

“Isso é legal. Isso é bom de trabalhar. Eles entendem... Isso a gente usa bastante, batalha, luta... Lógico, a gente usa mesmo. Chega até a chamar os leucócitos de soldadinhos do nosso corpo, a batalha...” (Professora 01)

“Eu acho... Na verdade ilustra o que tá ocorrendo. Realmente é uma batalha. Não teria nada contra essa forma de explicar. Eu acho que visualizar essa idéia de batalha ou até mesmo uma luta entre o nosso organismo, contra o agente agressor, pra defender, então... Realmente tem algum microorganismo ou outros seres que vão... que querem se alimentar da gente, que é uma coisa, um processo natural. Mas o nosso organismo para se manter vivo tem que se defender e é uma luta pela vida também.” (Professor 04)

“Isso daí... Determinadas palavras que eu vejo que eles usam visa esclarecer, porque o vocabulário dos nossos alunos é um vocabulário curto, é um vocabulário pequeno, então muitas vezes, dependendo do tempo que a gente utiliza, eles não conseguem se situar, não sabem o que significa aquilo, então a gente tem

que traduzir de uma forma tal que ele venha a entender (...). Ele parte daquela palavra para algo mais profundo.” (Professor 05)

“Pois é, pois ao mesmo tempo que pode parecer infantil ou até ‘desadequado’, eu acho que mostra bem o que é. Eu acho adequado sim, no sentido que dá uma impressão do que significa isso, que existe um invasor. Eu acho que faz bem a... Que traduz bem a idéia do que é, eu acho bom, eu gosto... Eu acho que não tem problemas, que não vai influenciar psicologicamente nada disso, não vejo por aí.” (Professora 10)

“São palavras do cotidiano deles, bem do cotidiano deles mesmo, que é o que se fala ‘o que é uma batalha, o que é uma guerra’. Então se a gente substituir uma palavra científica por essas, é melhor ainda porque aí eles entendem melhor.” (Professora 14)

A professora 08, em sua fala, demonstrou já ter comentado em outras ocasiões, com outros professores, a adequação da utilização desses termos ligados à luta e à guerra no ensino:

“Eu acho que é a forma que eles mais entendem, porque infelizmente a mídia tá aí, só mostrando guerra, batalha, luta. E a vida já é uma luta. A sobrevivência já é uma luta. Então eu já ouvi falar que tem gente que acha que é um termo inadequado, porque é agressivo, porque é isso... Mas isso aí é a vivência deles, do dia deles, do dia-a-dia deles, a gente não pode fugir. E é uma forma que eles têm para compreender. O que é uma batalha? O que é um combate? Então é muito mais fácil de eles entenderem no nosso corpo, o inimigo invadindo, o que ele vai fazer...”

E.: Em que situação vocês comentaram sobre essa questão da batalha no corpo do sistema imunológico? Vocês estavam preocupados com esse tipo de linguagem?

“Não. A gente comentou entre professores, não com alunos.... Por que tem uma professora que ela fala que até nos livros os termos já são ligados à violência e quando fala na batalha, quando fala dessas lutas e tal... Eu já não vejo dessa forma. Eu vejo que a nossa realidade é essa. Não é o que eu gostaria.... Você liga a televisão, é só luta pela sobrevivência, é um matando o outro por causa disso... Então, é uma forma figurativa mais fácil do aluno ver. Eu acho que chega mais fácil a ele do que se eu for estar usando muitos termos científicos e é isso que faz com que eles não gostem da-nossa matéria, são a imensidade de nomes que... (...) Então eu sempre tento tornar o mais agradável possível aquele assunto que eu estou dando. Se tiver que usar um termo desses, porque não usar.” (Professora 08)

A fala desta professora demonstra que esse assunto já fez parte das discussões dos professores com os quais ela se relaciona. Vemos que ela tem uma posição bem definida quanto à utilização desse recurso e considera que serve para aproximar o conteúdo do dia-a-dia dos alunos, tornando-o mais fácil.

Outro professor demonstrou dúvida sobre a adequação desta forma de explicar, mas ao mesmo tempo afirma não ver problemas nesta utilização:

“É porque na realidade o que é, ele vai estar agindo em cima de algo que tá te fazendo mal, aí depende de quem tá lendo. Depende do que significa batalha, guerra pra um e pra outro. Pode ser pro mal, pode ser pro bem. Nesse caso aqui é uma coisa necessária; seria uma batalha necessária. Não sei se seria o termo mais adequado, mas bem ou mal é um organismo lutando contra o outro, defendendo o outro, seria uma batalha. Não sei se seria adequado usar com eles, mas eu não vejo mal nenhum, eu não vejo problema algum no termo. Não sei se deveria ter algum problema, mas eu não vejo problema. Batalha... Guerra já é mais forte, algo mais pesado. Agora, uma batalha, um tá lutando contra o outro, um tá tentando eliminar a ação do outro que tá sendo prejudicial ao nosso corpo. Eu não vejo problema nenhum.” (Professora 16)

Os demais professores, que também não perceberam inicialmente a utilização da metáfora da guerra, após a indicação das palavras batalha e luta, se mostraram favoráveis a esta utilização: *“Eu acho bom, porque faz comparações, compara com palavras mais... Fica mais adequado à linguagem deles. Acho que eles entendem melhor.” (Professora 17); “Com certeza. E isso que a gente fala na sala de aula. Tem que trazer uns exemplos bem pro que tu tá vivendo.” (Professora 18); “Mas é isso que acontece, não é? Por isso que eu digo, tá entre aspas, tu tem que deixar claro para o aluno que os linfócitos combatem os patógenos, os microorganismos que entram, mas tem que frisar para eles que não é combater, combater... São combates químicos. Então eu acho adequada essa palavra, no sentido figurado dela.” (Professor 19).*

c) Professores que não perceberam essa utilização das expressões metafóricas nas questões anteriores e que não acharam adequada a abordagem dada pelo autor:

Um desses professores, apesar de criticar a explicação desse assunto como uma ‘luta entre os leucócitos e os invasores’, a qual considerou muito simplificada, em nenhum momento demonstrou perceber a utilização dessas expressões como um recurso didático para a explicação do assunto:

“Ele fala da maneira como ocorre a luta entre os leucócitos e os invasores, os glóbulos brancos do sangue e constrói com uma maneira de explicar a defesa do corpo muito simples, eu acho... E na verdade ela é mais complexa do que isso... E ele usa até alguns argumentos... A questão da célula de memória, para ele dizer que depois que a pessoa teve a doença, ela ainda fica com aquilo, com aquela mensagem pronta lá e quando precisar ser usada não precisa produzir um anticorpo que já tem a receita do bolo pronta. Então é um termo para substituir de

certa maneira, toda uma maneira de explicar as coisas... Mas eu acho que, para um adolescente, eu não sei se funciona a contento. Vai reforçar novamente aquela visão técnica (...). Ele poderia aproveitar essa idéia do pus, o que é o pus, para explicar um pouquinho melhor essa guerra ou essa luta. Também, uma coisa que eu noto assim é que... A visão... A gente não pode ser também simplista, dizer que um glóbulo branco destrói uma bactéria, porque na verdade, são centenas de milhares. Então o aluno nunca fica com essa imagem do todo, com essa imagem do geral, ele sempre tem a impressão que é um 'Então esse leucócito vai brigando ali com o outro'. E não é bem assim." (Professor 02)

Estas colocações foram muito interessantes pois, em primeiro lugar, o professor se posicionou sobre a simplificação que as expressões metafóricas podem fornecer, que pode levar a uma percepção equivocada do verdadeiro mecanismo. Em segundo lugar colocou que os termos utilizados, de certa forma, substituem toda uma maneira de explicar as coisas, o que vai reforçar a visão técnica, à qual ele se referiu anteriormente. O mais importante nisso foi sua colocação de que tem dúvidas de que essa forma de explicar as coisas funcionaria a contento com os adolescentes. Em terceiro lugar, sugeriu que o autor poderia ter se utilizado mais da questão do pus para explicar um pouco melhor a 'guerra' ou 'luta'. Essa colocação demonstra que, mesmo sem perceber que esta é uma linguagem que pode ser utilizada como ferramenta, o professor percebe a necessidade de se explicar melhor, de se esclarecer o que o autor pretendia com aquela expressão. E por último, ele levantou a questão de que, se não for bem explicada a relação feita, o aluno pode tomar aquelas palavras literalmente e não entender o todo do fenômeno.

Após a indicação das palavras batalha e luta, a opinião do professor foi a seguinte:

"Eu acho que tem certas linguagens que já se tornaram clássicas na biologia. Essa maneira de apresentar a defesa como sendo uma guerra contra um invasor também não é correta, porque isso incentiva pensar outras coisas, reforça certos comportamentos na criança e que às vezes a gente tenta trabalhar... Até mesmo a questão do dia-a-dia da sala de aula, às vezes o aluno, sei lá... Entra, briga com o outro, porque o professor reforça a idéia internamente, às vezes, inconscientemente. Eu tenho a impressão... Da coisa da luta, da coisa da violência é que talvez isso aqui funcione para ser discutido mais no segundo grau. Quando a gente tá trabalhando no ensino fundamental e a criança tá em formação, tá interagindo com a gente, algumas linguagens precisam ser muito bem usadas, porque senão elas podem reforçar determinadas atitudes no aluno que no fim a escola tá querendo combater, mas, inconscientemente o professor tá reforçando aquilo que a escola combate, a questão da luta, a questão de uma guerra que tá acontecendo. Ele coloca um pouco por aí." (Professor 02)

Este professor levantou a questão do reforço de certos comportamentos pela utilização de uma linguagem ligada à guerra. Ele considera que essa linguagem poderia

reforçar atitudes que a escola está querendo combater, principalmente por ser utilizada para o ensino fundamental. No entanto, ele tinha consciência de que se trata de uma linguagem clássica da biologia, isto é, que vem sendo utilizada há muito tempo no ensino do sistema imunológico.

O professor disse também que ela precisa “*ser muito bem usada*” para evitar esse problema. Isso é o que nós defendemos com relação à utilização da metáfora da guerra no ensino: que é necessária uma preparação para essa utilização nos livros didáticos e em sala de aula. Já que é uma comparação com uma ação que pode ser vista como negativa e que pode reforçar comportamentos indesejáveis, e que se trata de uma linguagem clássica da biologia e por isso enraizada no imaginário dos autores e professores dessa área, devemos nos preocupar em minimizar possíveis problemas vindos dessa utilização.

Outros professores consideraram inadequada a forma de explicar usada pelo autor. A professora 12 colocou que:

“Ele explica direitinho, mas aí ele fala assim: ‘células do tecido atingido, leucócitos mortos’. Aí ele já tem que saber leucócito para poder entender isso aqui, se não ele não vai entender (...). Então, ele já joga outros conceitos que nem foram explicados no decorrer do texto, então isso, para um aluno de 7ª série é difícil (...). Eu acho ele muitíssimo sistemático, a biologia é sistemática eu sei disso mas, por exemplo, fagocitose, quando a gente chega no 1º ano a gente vai dar fagocitose, todos já tiveram na 7ª série e eles não sabem, você pode ir lá cobrar esses conceitos do aluno de 1º ano, eles não sabem e eles já tiveram. Porque foi passado, não de uma forma errada, uma forma que a gente não descobriu a correta de repente.” (Professora 12)

Nessas colocações percebemos mais uma vez, a preocupação dos professores com a questão da linguagem utilizada. Esta professora colocou a questão dos conceitos que são utilizados sem que tenham sido esclarecidos antes em outras partes do texto. Outro ponto levantado por ele foi à utilização da experiência do aluno para a explicação dos conceitos biológicos em sala de aula, como uma forma de superar as dificuldades de compreensão dos conteúdos biológicos.

Contudo, após a indicação das palavras batalha e luta, questionados mais diretamente sobre o que acham daquela forma de explicar, estes professores se mostraram mais favoráveis a esta explicação dada pelo autor: “*Eu acho que é mais fácil, quando você fala em termos que eles conhecem para depois você colocar o científico fica muito mais fácil, desde que haja depois a devida colocação, se for necessário.*” (Professora 12); “*Eu acho que isso é uma questão que infelizmente está no nosso dia-a-dia, a questão da*

competição. Não se compete por competir, se compete para vencer, então eles colocam lá, as células de defesa e os invasores, na realidade é a sobrevivência, isso acontece no ambiente, uns ganham, outros perdem.” (Professor 13).

Já o professor 06 disse não concordar com essa forma de explicar o sistema imunológico:

“Batalha, guerra, como se nós tivéssemos de prontidão permanente e... Não sei, eu não entendo porque usar esta linguagem, não é uma situação natural isso? Não é o natural do teu organismo? E na realidade ele tá colocando aqui que essa... Não sei, no meu sentido, essa guerra entre aspas a gente tem que ganhar a qualquer custo, e não é uma guerra isso daí, isso aí na realidade não está acontecendo num único momento, isso aí ao longo da nossa vida está acontecendo em todos os momentos, então não é uma ocasião especial que isso aí tá acontecendo.” (Professor 06)

Para este professor, a linguagem da guerra não seria uma forma adequada de representar a ação do sistema imunológico. Com essa linguagem não seria possível representar o que acontece naturalmente no organismo, ou seja, o sistema imunológico age continuamente e não somente em situações especiais. Assim, a metáfora da guerra estaria, para este professor, indicando uma ação isolada, onde o sistema se mobiliza em torno de uma guerra com o invasor em uma situação especial.

Esta colocação mostra uma forma como pode ser interpretada a metáfora da guerra. Os alunos podem entender que se trata de uma situação isolada, que o sistema imunológico só age em ocasiões de doenças, por exemplo. Por isso, é necessário ressaltar que se trata de um sistema que age durante toda a vida do indivíduo e, especialmente, em situações onde agentes externos ou patogênicos entram em nosso organismo.

Utilização da metáfora da guerra e de analogias e metáforas no ensino

Constatamos, a partir das entrevistas, que todos os professores entrevistados, sendo favoráveis ou não à utilização da metáfora da guerra, admitiram que, em certo momento ou de certa forma, fariam uso desse recurso para explicar o sistema imunológico aos seus alunos. Doze professores afirmaram que utilizam a metáfora da guerra em suas aulas. Quatro professores assumiram a utilização desse recurso em suas aulas, mas somente quando este estiver adequado a certas características consideradas pelos professores como essenciais para a utilização da metáfora. Os outros três professores disseram não fazer uso

do recurso metafórico para explicar esse conteúdo, mas que poderiam vir a se utilizar dele seguindo critérios por eles considerados como importantes para uma boa utilização da metáfora.

a) Professores que utilizam a metáfora da guerra nas suas aulas:

A professora 01, que afirmou utilizar a metáfora da guerra nas suas aulas sobre o sistema imunológico, quando questionada se a utilização desse recurso ajudaria ou dificultaria a compreensão do conteúdo pelos alunos, colocou que: *“Acho que só tem a acrescentar. Quando você sai um pouquinho dos termos biológicos e vai para uma coisa prática: uma batalha, uma guerra, uns vão morrer, outro vai ter aquela reação, aí a coisa fica palpável, fica viável.”*

– Esta professora afirmou também utilizar comparações para outros conteúdos de biologia e deu um exemplo de uma comparação feita na sua aula para explicar um assunto no qual estava trabalhando:

“Por exemplo, quando hoje eu estava falando sobre a organização do tecido ósseo, os osteócitos em círculos concêntricos em torno do canal de Havers, eu disse para eles ‘são células com prolongamentos que estão juntinhos formando esse círculo que seria, nas suas ramificações para levar o nutriente e CO₂ e tudo que a célula precisa, como a gente de mãos dadas, nossos prolongamentos’. Sempre que eu posso, eu coloco coisas que estejam facilitando. Isso é a minha prática.” (Professora 01)

Quando, ao final da entrevista, foi explicado mais detalhadamente o objetivo do nosso trabalho, esta professora colocou que:

“Hoje mesmo, dando tecido epitelial, falando sobre o complexo nitivo e da zona de oclusão, que seria como pegar uma célula do corpo e passar uma fita de uma determinada área, que você estaria unindo, ligando mesmo essas estruturas celulares. Então eu sempre tento montar alguma coisa que fique bem fácil ‘vamos fazer uma embalagem na célula, bota uma fita e é a zona de adesão’; e o desmossoma eu represento a gente botando grampinhos, clips, percevejos em algumas partes da célula, de modo mais aleatório, aí eles entendem. Fica, como é que eu vou dizer, sai daquela coisa da biologia e tu associa, tu vê o lado prático. A embrião a gente estuda através de moldes, eles elaboram os moldes, facilita a visualização das coisas.” (Professora 01)

Como veremos no decorrer desses depoimentos, alguns professores não possuem uma definição clara do que seja uma comparação, uma analogia, uma metáfora, um modelo ou um exemplo. Vemos nas suas colocações uma confusão entre o que seria um exemplo

ou modelo para o conteúdo que está sendo trabalhado e uma analogia, comparação ou metáfora que está sendo feita com outro conteúdo ou conceito mais conhecido dos alunos para facilitar a compreensão deles.

Outro professor, o professor 04, afirmou utilizar a metáfora da guerra e que ela facilita o aprendizado: *“Facilita porque visualiza. Eu acho que realmente as células têm uma função de soldados de defesa, para defender o organismo como um todo.”* Considera que é uma boa comparação para explicar a ação do sistema imunológico pois *“É uma batalha pela sobrevivência: um quer se alimentar e a gente quer sobreviver, então não vejo nada negativo não.”*

Para outros assuntos de biologia o professor afirmou também utilizar comparações: *“O que for, que eu imagino que seja fácil para eles memorizar, comparar, eu utilizo sim”*, e citou um exemplo:

“Eu até comentei. Eu tava dando aula sobre circulação e falei na questão dos nossos soldados das células sanguíneas, o caso dos próprios leucócitos que vão ser os nossos futuros soldados vamos dizer assim... Então se tem uma infecção, essas células atuam nesse sentido, através de um ataque entre aspas para eliminar aquele agente agressor.” (Professor 04)

No seu exemplo o professor colocou *“um ataque entre aspas”*, o que indica que ele vê uma diferenciação entre o conteúdo em si e a utilização de uma palavra metafórica para a explicação do assunto. Contudo, colocar entre aspas as expressões metafóricas não garante que elas sejam bem compreendidas pelos alunos. Para isso seria também necessária a explicação, pelo autor e pelo professor, do seu objetivo para que realmente o aluno perceba essas expressões como metafóricas e não como o conteúdo em si.

Depois da explicação do objetivo do trabalho, o professor colocou que *“Se o cara tem alguma coisa que tu possa relacionar diretamente com a prática, tu tem que fazer as ligações, exemplos, tentando resgatar um pouco a vida deles, que ele já tenha esse conceito básico.”*

O professor 05 usa a metáfora da guerra e acredita que ela é facilitadora para o ensino porque:

“Ajuda, porque facilita ele entender o conteúdo, porque não adianta eu falar numa linguagem que o aluno não entenda, como se diz normalmente ‘falar muito bonitinho’ e ele não entender nada. Então a gente fala num linguajar próximo ao dele para a partir daí chegar aonde se quer. Aí vai se aprofundando de uma maneira que se atinja o objetivo. Não é um linguajar qualquer, um linguajar

chulo. Então, daquela palavrinha que ele não entende a gente procura traduzir aquilo para ele, mas depois trazendo ele para o que a gente quer (...). Essa linguagem viria como uma introdução do assunto para depois complementar e chegar na linguagem científica.” (Professor 05)

Este professor também utiliza comparações para outros conteúdos porque elas permitem que os alunos comecem a visualizar o assunto e “*a partir daquela visualização a gente chegar ao ponto desejado.*” Depois da explicação do objetivo do trabalho, colocou que “*Isso daí para quem não tem uma base, a comparação serve como um ponto de partida para a gente chegar a uma abordagem mais profunda do assunto. Então, de uma coisa aparentemente simples, para chegarmos a uma coisa mais complexa.*”

A professora 08 apresentou motivos similares aos dos outros professores para sua utilização da metáfora da guerra. Disse que costuma utilizar essa linguagem porque “*é a melhor forma*” e que com “*esses termos aí eles conseguem visualizar melhor.*” Colocou também que:

“A gente sempre dá exemplos assim: ‘O que são os anticorpos? É o exército do nosso corpo!’ Então quando tu fala em exército, tu não pode desvincular de uma batalha, de uma luta... Não sei porque sempre vem na nossa cabeça ‘os glóbulos brancos são o exército do nosso corpo’. O exército não defende a pátria? Os leucócitos defendem o nosso corpo, então tu não tem como sair fora.” (Professora 08)

Para outros assuntos além do sistema imunológico, afirmou que não costuma utilizar comparações e não gosta de “*usar termos vulgares para as coisas*”, que “*especificamente nessa parte a gente usa esses termos mais populares, mas não em todos os assuntos.*”

Esta colocação exemplifica uma confusão feita por alguns professores. Para estes professores, a utilização de uma comparação, seja metáfora ou analogia, facilmente se confunde com a utilização de termos vulgares, considerados como inconvenientes para o ensino de ciências. Estes termos seriam advindos do vocabulário popular e muitas vezes pejorativos. Isso diferencia bem esses termos do objetivo de uma analogia, que não é apenas trocar o nome científico por um popular, mas sim utilizar termos e conceitos que sejam mais familiares para os alunos, como uma ponte para se chegar ao conhecimento científico.

A professora 10 acha adequada a utilização da metáfora da guerra para explicar o sistema imunológico e colocou que “*a questão do simbolismo ela é muito importante, em*

todas as idades (...). Ficar estimulando isso nos alunos é bom. Eles tentarem fazer isso mesmo que seja com relação à ciência. (...) Tudo entre aspas não tem problema.” Esta professora levantou uma questão importante do simbolismo, que está por trás da utilização de uma figura de linguagem para se ensinar um conceito biológico. Este simbolismo serve como uma porta de entrada de um conceito novo que vai, aos poucos, sendo substituído pelo conhecimento que se quer ensinar. Para o ensino fundamental a utilização deste simbolismo, representado pelas analogias, pode ser bastante útil na explicação de conceitos mais abstratos.

Para outros assuntos de biologia, esta professora afirmou utilizar comparações sempre que possível: *“Eu acho que é a forma mais fácil. Quando eu vejo que eu falei grego, não consegui traduzir, eu vou puxando tudo que me surge, às vezes umas coisas bem bobas assim, mas que encaixam e aí eles entendem.”* Depois da explicação do objetivo do trabalho, colocou o seguinte:

“Soldadinhos! Ai vêm os soldadinhos! Ao mesmo tempo eu tinha um pouco essa visão, mas eu estou perdendo (achar que as analogias podem prejudicar). Eu acho que não chega a ser nada... É a linguagem que eles têm, direto. E eu acho que é um simbolismo, acho que não entra como... É apenas uma forma de explicar usando o lúdico. Mas eu não vejo nada que possa estar... Até porque essas questões aí elas são muito mais elaboradas quando eles estão de 2 a 4-5 anos, aí depois eles entram no primário, continuam com a... Eu acho que não tem problema nenhum. Eu inclusive estou trabalhando (...) a influência que teria os clássicos, as histórias de bruxa, de madrasta e a questão da necessidade que as crianças tem de estar convivendo com isso e eu comecei a pensar de uma outra maneira assim de como a gente raciocina de uma forma diferente, a gente consegue ver nas coisas um peso que elas não tem. É diferente de estimular a usar armas, estimular a ver filmes... Eu acho que é uma outra história. É uma simbologia que poderia ser usada de uma outra maneira, mas me parece que essa maneira é a maneira que mais retrata. Talvez por falta de criatividade a gente não pense, poderia até estar pensando de uma outra forma.. Mas eu gosto dessa maneira, não vejo problemas que possa acarretar esse tipo de linguagem. Eu acho que são formas... E tu utiliza disso ou não, como um início. Eu acho que é como uma tentativa de clarear mais. Eu não penso ‘Eu vou chegar contando que existe um castelo que pode ter...’, não é... Aí eu acho que seria fantasiar realmente demais, seria inadequado até para a idade deles, mas usando como um recurso, fazendo esquemas e tal, eles vão compreendendo... Eu acho que não teria nenhum problema, acho que pode ser usado perfeitamente.” (Professora 10)

A colocação desta professora: *“A gente consegue ver nas coisas um peso que elas não têm”* é bastante interessante. Ela questiona o perigo representado pela comparação de um conceito biológico com uma situação de guerra. Será que uma comparação, limitada à

explicação de um conceito, pode ser um fator que influencie um comportamento de maneira tão direta? Será que ela terá um peso tão grande assim? Os fatores sociais e econômicos envolvidos no desenvolvimento dessas crianças não teriam um peso infinitamente maior no problema da violência, do que uma comparação com uma situação de guerra para explicar um conceito na escola?

Outro professor, professor 11, afirmou achar interessante a utilização da metáfora da guerra, pois *“com a analogia essa parte mais científica dos conceitos de imunidade eles são mais facilmente assimilados”*.

Perguntado se achava que a utilização desse recurso traria dificuldades para os alunos por estar relacionado à guerra, o professor colocou que: *“Não. Pelo contrário. Eu acho que ele vai de repente assimilar muito melhor do que se tu ficar só na linguagem científica, só nos termos científicos”*. Colocou também que, a metáfora da guerra *“Para este conteúdo funciona. Eu acho que para o ensino fundamental funciona, agora, já no ensino médio eu não saberia porque eu não trabalho com o ensino médio (...). Eu acho que tudo é válido, tentar fazer essa analogia da imunidade”*. Para outros assuntos de biologia o professor afirmou que costuma utilizar comparações *“Até para tornar mais acessível para os alunos os conteúdos, os temas que a gente vai estudando”*.

Após a explicação do objetivo do trabalho, o professor colocou que:

“Eu acho que é uma tendência dos livros tornar mais, através dessa linguagem, dessas analogias, o conhecimento mais acessível para o aluno. Eu acho interessante. Acho que o professor também não pode deixar de usar termos científicos, mas para o aluno eu acho que fica bem mais acessível, bem mais fácil. Agora, realmente o professor tem que saber conduzir isso nas suas aulas, ele tem que, por exemplo, usar a analogia, mas ele não pode deixar de falar por exemplo, em anticorpos, em linfócitos, acho que ele não pode deixar de falar nesses termos assim, esquecer simplesmente e só fazer ‘é uma batalha, tem o invasor e defensor’ e daí não fala em linfócito, em anticorpo, não fala em antígeno. Então coloca lá: quem é o invasor, o antígeno, o vírus e depois o defensor, e faz essa comparação, escreve no quadro ou faz uma transparência mostrando isso.”(Professor 11)

Na sua resposta, a professora 12 não se recordava se utilizava a metáfora da guerra nas suas aulas, mas se mostrou favorável à utilização desse recurso. Quando questionada sobre sua opinião se a metáfora da guerra ajuda ou dificulta a compreensão dos alunos, colocou que: *“Não vejo nenhuma dificuldade, acho até que nos auxiliaria no caso de passar... Na coisa de fazer com que o aluno compreenda melhor.”*

Depois, perguntada sobre o que achava da utilização de comparações no ensino de biologia, a resposta do professor foi a seguinte:

“Nada contra. Para esse ou para qualquer outro assunto. Eu acho que quando você faz comparações você vai fazer com alguma coisa que o aluno já tenha, então a gente só vai fazer com que ele entenda mais facilmente o tema que a gente tá com intenção de trabalhar com ele. Não vejo inconveniente algum desde que você não deixe somente alguma coisa que esteja muito longe da realidade que a gente tá se propondo a trabalhar, simplesmente dar um exemplo jogado, sem nenhuma amarração. Enfim, você usa a comparação porque tem um objetivo, então, da comparação para chegar a um objetivo, perfeito, nenhum inconveniente. Como recurso eu acho fantástico. Eu acho que o contar exemplos, contar histórias, inventar histórias, eu acho um recurso muito interessante dentro da educação.”
(Professora 12)

Esta professora também afirmou utilizar comparações para outros assuntos de biologia, que “com certeza, os recursos sempre a gente busca, porque eu acho que a grande flexibilidade do professor é quando ele sai do formal e vai buscar outras coisas e traz outras coisas e consegue chegar lá.”

Já o professor 13, questionado se utiliza a metáfora da guerra, colocou que: “Eu procuro usar o sistema do livro porque, já que eles têm o livro texto, eles vão ler aquilo ali e eu não tenho como modificar a terminologia”, mas que acha adequada a utilização da metáfora da guerra: “Eu não vejo uma outra maneira. Eu não te diria que seria a forma certa ou errada, mas eu não consegui encarar isso de uma outra maneira. (...) Não adianta ficar falando cientificamente e aquilo lá, vai bater e vai sair. Então é preferível ir ao nível deles e tentar trazer o nível dele para o lado, por exemplo, da terminologia dos nomes científicos.”

Afirmou utilizar comparações também para outros assuntos de biologia e, depois da explicação do objetivo do trabalho, sua opinião sobre a metáfora da guerra foi a seguinte:

“A palavra guerra eu acredito que é uma palavra muito pesada. Eu acho que a gente deveria trabalhar a questão da sobrevivência e aquela energia que foi capturada lá do sol vai ter que passar de organismo para organismo, seja eu o organismo predado ou outro. Se fui eu o escolhido, eu vou ter que dar um jeito de me livrar dessa situação. Agora a palavra guerra, sem dúvida é uma palavra... ‘se guerra é uma coisa natural dentro de mim, então é natural eu ir ali e chutar o cara’. É perigoso. Isso aqui que tu tá botando é importante. Eu procuro não falar essa questão de guerra, eu procuro falar o seguinte: que é um sistema, que um tá ali para sobreviver e para a sobrevivência desse, o outro vai ter que... Agora, é sobrevivência ou não é... É a realidade.” (Professor 13)

A professora 14, da mesma forma que a professora 8, entende analogia e metáfora com uma outra conotação, mais como uma substituição de palavras científicas por vulgares, sem evidenciar a existência de uma comparação implícita nessas relações. Quando questionado se utiliza analogias nas suas aulas, colocou-nos que sim, “, *eu primeiro dou o termo científico pra eles e depois então, como eles não entendem, aí a gente vai chegando até eles, para que eles possam entender o significado da palavra.*”

Para outros conteúdos de biologia, esta professora também afirmou utilizar comparações: “*Então a gente usa, diz: ao invés de você falar isso, vamos então falar o termo certo que é este, porque às vezes eles usam palavras que nem sabem, de baixo calão, que eles nem sabem o que significa, só porque um diz e aí ele vai e diz.*” Mesmo após a explicação do objetivo do trabalho, a professora manteve a sua concepção sobre o que seria uma metáfora ou uma analogia, tomando-as como uma maneira de substituir palavras de uso coloquial dos alunos.

A professora 17 afirmou utilizar nas suas aulas a analogia da fechadura para explicar, no sistema imunológico, os mecanismos de reconhecimento específico dos anticorpos, pois “*a palavra específico... Especificidade para eles fica assim muito... Eles não conseguem... Então tu fazendo paralelos, aí tu vai fazendo com que eles entendam o mecanismo melhor.*” Disse achar válido esse tipo de linguagem pois “*Eles entendem melhor. (...) Quando você começa a fazer essas comparações, esses paralelos, aí sempre alguém lembra de alguma coisa de alguém, que aconteceu com alguém, eles participam mais da aula quando faz isso.*”

Para esta professora, a metáfora da guerra poderia ser utilizada, mas com cuidados, explicando e deixando claro que é só uma comparação com o que acontece “*porque senão na cabeça deles é difícil entender isso aí.*” E, na sua opinião esse tipo de linguagem, se não for bem utilizada, pode trazer dificuldades para o aluno:

“Porque dá a idéia de inimigo, uma coisa assim... Que é um ser... Que é simplesmente um ser vivo que pode causar algum problema e tal, mas... Dá aquela visão da natureza, que tem o amigo e o inimigo, o velho bom e o mal. Por isso eu te digo, tem que usar mas com cuidado pra tirar essa coisa de inimigo. Então eles perdem aquela noção que um vírus, uma bactéria, e apenas mais um ser vivo e que, se tem muitos que fazem mal, também tem muitos que são benéficos para a saúde e tem uns, que tem vida livre. Então é tirar um pouco essa coisa do bom e o mal. Mas no mais não tem...” (Professora 17)

Para outros assuntos de biologia, a professora afirmou também utilizar comparações:

“Sim. Dependendo se for uma coisa assim muito fácil não, mas quando é uma coisa assim mais... Mecanismos de encaixe coisas assim, então a gente usa. Essa coisa da batalha... Fica só estranho porque eles ficam imaginando na cabeça... A única coisa que não dá pra gente explicar e que fica na cabeça deles é como é a batalha, parece assim dois soldadinhos brigando de soco... Então a gente explica que é uma coisa química...” (Professora 17)

Esta professora diz esclarecer aos seus alunos que essa batalha colocada no livro “*é uma coisa química*”, que não são “*dois soldadinhos brigando de soco*”. Essa colocação é muito importante pois demonstra uma preocupação por parte da professora com a compreensão da metáfora pelos alunos.

A professora 18 diz utilizar comparações nas suas aulas e que acha adequado trazer essa linguagem para os alunos, inclusive para outros assuntos de ciências: “*Tem linguagens assim que são mais difíceis, então tu tem que utilizar dessas metáforas mesmo, para fazer as comparações do dia-a-dia dele. O ensino cada vez caminha mais para isso...*”

Perguntada se esse tipo de linguagem poderia trazer dificuldades para os alunos, a professora colocou-nos que “*Depende do jeito que tu for aplicar. No caso aí desse texto não. (...) Eu acho que tem que utilizar essa linguagem mesmo, que é a coisa que entra mais fácil, bem mais fácil.*”

O professor 19 colocou que utiliza a metáfora da guerra em sala de aula: “*Metáforas...é, dava pra chamar de metáfora. Mas é uma metáfora que pode ser usada, que não deixa de ser uma batalha, batalha química. Não é uma batalha braçal, é uma batalha química.*” Perguntado se percebe pontos negativos na utilização da metáfora da guerra, o professor colocou o seguinte:

“Bom, se o aluno apenas lê, sozinho, autodidata, talvez sim. Mas se tem um professor, principalmente se for um professor formado e tal, ele vai saber explicar para o aluno que essa palavra batalha entre aspas está no sentido figurado, que não é uma batalha braçal, é uma batalha química que acontece.”

E.: É uma luta que não estiver entre aspas?

“Mas não deixa de ser uma luta. A luta contra a infecção geralmente é localizada, consistindo em dor, inchaço... Bom, talvez uma luta aqui esteja um pouquinho pesado realmente se não estiver grifado. Mas vai ao professor, no

momento da explicação frisar esses assuntos... Frisar e chamar a atenção 'não é uma luta braçal'" (Professor 19)

Para outros assuntos de ciências, o professor colocou que: *"Uso, várias metáforas, para vários conteúdos... Porque eu acho que é uma forma assim para você conseguir esmiuçar aquele conteúdo para o aluno."*, e exemplificou uma metáfora utilizada por ele em outro conteúdo:

"Por exemplo, ano passado quando eu fui exemplificar transporte ativo para os alunos (...). Tu lembra lá do transporte ativo, do neurônio, que o sódio tem que ficar dentro do neurônio e o potássio fora, então como é que eu comparei isso para eles, bom... Eu comparei o seguinte: o transporte ativo, ele não gasta energia para segurar o sódio lá dentro e também não gasta energia para deixar o potássio lá fora. Como é que ele gasta energia, o sódio sendo maior concentrado dentro, naturalmente ele sai por difusão simples. Mas as células do neurônio gastam energia para fazer o quê? Ir lá e recapturar o sódio que escapa, isso sim é transporte ativo. Então como é que eu dei esse exemplo para eles: é como se fosse uma prisão, todo mundo ali dentro não deve sair. Se um preso sair, a polícia não gasta nada pra ele sair, agora, gasta pra fazer o quê? Gasta pra recapturar ele. Agora o potássio, não deve entrar, só que como ele é maior lá fora, automaticamente, normalmente ele entra por difusão simples. É como se fosse um penetra numa festa de rico. Os penetras tem que ficar lá fora, se ele conseguir achar uma passagem para entrar, que os seguranças vão ter que fazer? Gastar energia para por aquele penetra para fora, é isso que acontece. Eu dou muitos exemplos assim e tem funcionado. Assim pelo menos ele consegue gravar." (Professor 19)

b) Professores que utilizam a metáfora da guerra nas suas aulas, mas somente quando podem explicar e discutir muito bem:

O professor 02 colocou-nos o seguinte, quando questionado se considera que as comparações podem dificultar o ensino:

"Uma linguagem incorreta numa bibliografia pode construir ou reforçar todo um pensamento que tá tentando... desconstruir, vamos dizer assim. (...) A gente deve tomar cuidado quando escolhe uma referência bibliográfica, ter esse ponto de vista de... Às vezes, a maneira como foi escrito e a comparação que o autor faz ou a referência que ele toma, reforça um comportamento assim que a escola, que o professor tá tentando trabalhar e muitas vezes isso passa para o inconsciente. Então a criança tá lá quebrando o bebedouro ou escrevendo no bebedouro, mas não porque ela quer, mas porque, não só nas ciências, mas também em biologia se faz esse tipo de coisas, em todas as disciplinas se fazem esse tipo de comparação." (Professor 2)

Esta colocação reflete a preocupação do professor com os comportamentos dos alunos, que podem ser reforçados por uma comparação ou referência feita pelo livro. Esta é uma preocupação válida mas, será que o livro didático tem todo esse poder? Será que justamente essas comparações ou referências apresentadas nos livros passarão “*para o inconsciente do aluno*”? Certamente, o livro didático desempenha um papel principal nas aulas da maioria dos professores, mas acreditamos que dificilmente uma expressão vai ter todo esse alcance a ponto de influenciar diretamente o comportamento do aluno. No caso da metáfora da guerra, se essa comparação for utilizada de forma bem sistematizada e se for bem esclarecido o objetivo da utilização desse recurso como ferramenta de ensino, certamente ela será bem compreendida pelos alunos. Vemos uma colocação semelhante nas palavras do professor, após ser questionado se utiliza comparações para outros assuntos de biologia:

“Eu acho que toda comparação que parte um pouco assim do dia-a-dia que o aluno vive, dentro de um certo conhecimento da realidade por parte do professor e que leve a algum objetivo muito claro, eu acho que a pessoa pode usar... Em determinados pontos. Isso eu vejo às vezes como uma ferramenta que facilita muito a comunicação. Talvez uma comparação bem feita te ajude a esclarecer um conceito, ou te permita usar a comparação em lugar da palavra, da técnica em si. Então, muitas vezes, se você souber pegar um caso, pegar uma comparação, uma coisa que é real e desmontar aquilo ali e ensinar a biologia daquela maneira, você não vai precisar que ele decore o que é um anticorpo, o que é uma enzima, porque na verdade ele sabe o que tá acontecendo. Saber dar nomes mais técnicos é uma coisa que pode ser feito num segundo momento, feito num segundo grau, feito num curso superior, mas hoje precisa que ele consiga pegar esse conhecimento e transformar um pouco a realidade que ele vive, em menor ou maior escala. Então eu acho que é uma ferramenta, é algo que tá dentro da possibilidade do professor, mas ela tem que ser muito bem vista pra medir as conseqüências do que ela pode gerar, o que ela pode estar formando na cabeça do nosso aluno.” (Professor 02)

Esta colocação está de acordo com as observações feitas por outros professores e também com a nossa concepção da necessidade de um preparo maior das metáforas, de se “*medir as conseqüências do que ela pode gerar*”, pois a simples utilização de uma comparação, sem esclarecer seus objetivos, não garante que ela seja bem compreendida pelos alunos, o que diminui o potencial de ensino representado por essa ferramenta.

A professora 07 colocou-nos o seguinte, quando questionada se utiliza a metáfora da guerra nas suas aulas: “*É, não batalha, mas... Nem briga. Eu não gosto de usar o termo briga, mas lutar... Você luta tanto por seus objetivos. Lutar é uma coisa boa, ir atrás dos teus objetivos. Então, esse termo lutar eu até uso mas o termo ficar lá dentro batalhando,*

lutando, esse eu já não uso". Contudo, a professora considera que esse é um recurso que ajuda o ensino do sistema imunológico pois:

"Infelizmente a gente tem essa parte de TV e briga, é só na base de luta. Videogame também é só na base da luta... O que não deveria ser. Leva eles para um tipo de ação que não condiz com a educação. Mas no caso ali seria... Sempre onde tem a luta, seria o bom contra o ruim, então no caso aqui tu vai ter o anticorpo contra um antígeno e os bons vão vencer. Então tu tá mostrando uma luta onde sai as pessoas boas vencedoras... É diferente de um filme ou de um videogame onde às vezes o mal ganha, o que acontece na vida real. Muitas vezes tu tem bactérias que se superam e que tu morre lá de infecção generalizada, que hoje tu não consegue mais combater. O mal ganha também, só que a gente tenta mostrar que até hoje o bem sempre vence." (Professora 07)

Para esta professora, a luta do sistema imunológico seria um exemplo de uma situação onde *"os bons vão vencer"*. Contudo, nem sempre o sistema imunológico, o *"bem"*, consegue *"vencer esta luta"* e muitas vezes ele é superado pela ação dos patógenos nos processos de doenças.

Quando perguntada se utiliza comparações para outros conteúdos de biologia, colocou que:

"Eu acho que não. Eu não sei, porque pra mim o corpo humano não tem muita coisa 'é como se fosse', é único... Não tem como. Às vezes eu me lembro que eles usavam muito aquele termo do olho humano como sendo máquina fotográfica. Aquela coisa... Eu acho que não tem nada a ver tu comparar o corpo humano com uma máquina mecânica.. (...). Então eu não posso estar comparando com uma máquina... Uma máquina ela funciona sozinha, tu liga ali na tomada e ela funciona, ela não faz tudo que ele faz... Um conjunto assim, puxando todos os ganchinhos pra formar o corpo humano. Então eu não costumo usar." (Professora 07)

Esta professora não costuma utilizar comparações na biologia como um todo e ela considera que a metáfora da guerra não seria adequada para explicar o sistema imunológico, mas sim: *"Um termo, não a comparação de uma guerra, de uma batalha. Sempre no sentido de lutar para eu alcançar um objetivo, não lutar para brigar."* Para esta professora o termo luta seria apropriado:

"Para o nosso corpo vencer, continuar são e destruir quem tá lá dentro, que seria o antígeno. O nosso objetivo da luta é continuar como a gente sempre foi, saudável... Não de lá dentro eles entrarem numa guerra e eu ainda por cima ter a chance de ter outro vitorioso que não seja eu.." (Professor 07)

Depois da explicação do objetivo do trabalho, ela continuou com a sua linha de pensamento e acrescentou o seguinte:

“Aqui por exemplo, batalha, podia ter sido substituída. Tanto é que ele botou entre aspas. A maioria usa esse termo ataque, defesa... Agora aqui já chegou em batalha... Batalha lembra guerra... Ai já fica mais profundo o negócio. Por exemplo, você pode usar aqui luta, que todo mundo luta na vida. Luta por uma coisa melhor... Aqui ele usou luta, ele não precisaria ter usado batalha.”

E.: Termos como luta, ataca e defende não teriam necessariamente a ver com uma guerra?

“Não, poderia ser uma coisa boa, do dia-a-dia. É nesses termos pra mim... Porque eu tenho assim comigo... A gente, professor, a gente tá sempre lutando, eu luto contra o relógio pra conseguir superar o dia (...). Essa minha luta diária é uma luta que só tá trazendo coisas boas. Eu sei que se eu parar de lutar por essas coisas eu vou acabar entrando no buraco. Eu não tô batalhando contra ninguém, nem com ninguém, é comigo mesma, pra alcançar os objetivos maiores e melhores para suprir todas as necessidades... Nesse sentido”. (Professor 07)

Esta professora, como pudemos ver em todas as suas colocações, diferencia a utilização do termo luta do termo guerra. Essas palavras, apesar de terem o mesmo significado, apresentam um grau diferenciado de relação com a violência no imaginário das pessoas. Uma luta pode ser considerada como “uma coisa boa” pois você estaria “lutando pela sobrevivência” por exemplo, e essa luta não teria uma conotação negativa, mas sim, positiva por levar as pessoas a superar dificuldades em sua vida. Uma guerra, geralmente possui uma conotação mais agressiva e violenta por lembrar às pessoas situações de alcance maior, onde muitas pessoas morrem e as conseqüências são mais devastadoras. No entanto, não se pode dizer que uma guerra não seja benéfica, pelo menos para um dos lados ela trará conseqüências benéficas no momento em que alcançar os seus objetivos vencendo esta guerra.

O professor 09 colocou o seguinte, quando perguntado se achava adequada a utilização da metáfora da guerra:

“Poderíamos colocar em vez de invasores, ‘leucócitos mortos e agentes patogênicos excluídos’. Mas aí teria que explicar o que seria agentes patogênicos. Então, teria na verdade que montar um glossário etimológico no próprio livro para explicar esses termos (...). Aí cabe ao professor explicar o que significa esses invasores. (...) Quer dizer, até pode usar esses termos, mas desde que ele esclareça o sentido real desse termo, dessa palavra, dentro do contexto do conteúdo. Essa tem que ser a preocupação fundamental. É uma linguagem válida, desde que haja esclarecimento.” (Professor 09)

Quanto à utilização de comparações para outros assuntos de biologia, o professor afirmou que:

“Sim, costumo usar sim. Só que utilizo essas comparações de maneira bastante clara, não querendo... Às vezes tu faz uma comparação com uma situação cotidiana, com algo que realmente possa estar acontecendo dentro do organismo. (...) Então, no fato nesse aqui eu utilizo luta, eu falo e tal, mas de uma maneira que se chega a atingir no caso, o conhecimento que o aluno tem. (...) Eu utilizo, mas de uma maneira como eu coloquei já, esclarecedora sem deixar dúvidas ‘O cara... Vai ter luta, os caras tão brigando’. Não é bem assim, é um termo que se utiliza para deixar mais fácil, mais digerível o conteúdo no caso.” (Professor 09)

c) Professores que não usam a metáfora da guerra nas suas aulas, mas que afirmaram que poderiam usar se esta fosse utilizada de uma forma adequada:

A professora 03 afirmou não utilizar a metáfora da guerra nas suas aulas, e que utiliza *“coisas que eles conhecem, reais assim... Não uma batalha, um castelo medieval, não... É mais assim, o que acontece (...). É sempre levando em consideração coisas reais do próprio corpo.”*

Perguntada se acha que a metáfora da guerra poderia ajudar ou dificultar a explicação do sistema imunológico, a professora colocou que:

“Se bem colocado dentro do texto ou então como uma curiosidade... É, bem colocado dentro mesmo.... Toda vez que aparecesse, mostrasse que aquilo tá sendo uma comparação e não que o leucócito faça isso ou alguma coisa desse tipo. Quando a gente explica, para facilitar a explicação, a gente às vezes compara, faz uma analogia com alguma coisa e pode usar isso ‘é como se fosse’. Então, ‘a nossa célula é como se fosse uma fábrica’... A gente cansa de usar isso para facilitar a compreensão. Mas num texto então, tu terias que botar isso como um texto. Fazer diferente, construir um texto comparando, botar outro título e não um texto teórico, científico.”

Ela considera que o uso de analogias pode trazer dificuldades para o aprendizado do aluno:

“A compreensão, num grau mais elevado, posterior, poderia, porque ali pode simplificar no momento... No momento simplifica, ele entendeu ‘Ah, ele defende... Ele vai lá...’, mais depois para uma compreensão maior, aprofundando... (...) Agora, pra aquilo ali, vai suprir a necessidade. Mas isso aí, para um aprofundamento desse conteúdo no futuro, vai dificultar, porque ele vai estar com a formação do pensamento dele de que o leucócito ataca, de que não sei o que, e quando ele vai ver não é nada daquilo e tem que aprender uma coisa mais complexa ali e não chega, não consegue mais, porque já tá apreendido mesmo por ele, que é daquela maneira. Então fica difícil conseguir depois compreender outros

textos, outras coisas mais aprofundadas sobre o assunto... Fica difícil. No momento satisfaz até, aquilo ali, no futuro vai dificultar.” (Professora 03)

Outro professor, que tampouco utiliza a metáfora da guerra nas suas aulas, colocou que poderia utilizá-la “*depois da gente explicar toda a parte fisiológica, até brincando, a gente pode usar ‘Então isso aqui é um estado de emergência... Nessa guerrinha aqui...’*” (Professor 06). Para este professor, a metáfora da guerra poderia servir como um “*reforço do aprendizado*”, como “*um exemplo final*”. E quando questionado se achava que esta linguagem ajuda ou dificulta o ensino do sistema imunológico, colocou que:

“Não sei, aí não é do meu feitio ficar usando isso. Eu até usaria em aspas isso daí após uma longa explicação. Agora, num texto, você está... Principalmente num texto que pretensamente é didático, você tá usando esse tipo de termo... Não sei, é meio fantasioso. No meu modo de ver, isso aí é meio fantasioso... Ele usa o tempo todo... Não sei se você se lembra o começo, o castelo e tal, os muros do castelo que podem ser rompidos... Não sei, não sei onde ele que chegar com isso aí.” (Professor 06)

Para outros assuntos de biologia, o professor também afirmou não utilizar comparações, principalmente por trabalhar com o ensino médio. Depois da explicação do objetivo do trabalho, completou com o seguinte:

“Não vejo porque utilizar isso. Não sei, pra mim, situação de guerra é uma situação de emergência, que acontece esporadicamente, então me passaria a impressão que o sistema imunológico só trabalharia em certas ocasiões. Não é essa a idéia que eu tenho que passar do sistema imunológico. O sistema imunológico é alguém que está em constante atividade, eventualmente, ele tem que aumentar o seu número, mas isso aí eu não entendo como guerra, batalha. Se bem que tem muito autor que vai usar esse termo guerra, batalha, mas veja, pra um aluno de 7ª série você tá usando isso... O que vai criar na cabeça dele, que isso só vai ocorrer em determinados momentos, como se o sistema imunológico não tivesse trabalhando o tempo inteiro. Causaria uma dificuldade para o aprendizado.”

A professora 16, que nunca trabalhou com o ensino do sistema imunológico, colocou-nos que poderia vir a utilizar a metáfora da guerra para explicação desse conteúdo pois “*fica do conhecimento deles*”. Quanto às possíveis dificuldades que esse tipo de linguagem poderia criar para os alunos, a professora colocou que:

“Quando você fala batalha é uma coisa, guerra parece algo mais forte. Não vejo vantagem em guerra, a guerra eu acho que todos saem perdendo, inclusive aqueles que não tem nada a ver com a história acabam pagando também. Eu acho que o termo batalha seria mais apropriado, ‘é uma batalha’, tá lutando por alguma coisa. Guerra pra mim, bem ou mal acaba não tendo sentido, mas na cabeça de todo mundo é a mesma coisa. Não deixa de ser, só que é algo mais forte. Eu já preferia o termo batalha, uma luta em defesa disso, contra aquilo, a favor

daquele outro. (...) Eu acredito que não (dificulta). Vai da interpretação de cada um o que significa a palavra guerra. Acredito que eu não teria problema, mas se você pode usar uma palavra mais branda, mais suave, usa também, melhor, pra não trazer problemas maiores. Mas acho que não teria consequência ruim.”
(Professora 16)

Para outros assuntos de biologia, esta professora afirmou utilizar comparações “sempre, porque senão fica muito difícil para eles.” Depois da explicação do objetivo do trabalho, ela colocou o seguinte sobre a utilização desses recursos no ensino: “Eu acho importante, quando tu puder comparar, puder levar para a vida do aluno coisas que ele entende, tu tem que fazer.”

IV.3 SÍNTESE DA ANÁLISE DOS RESULTADOS

As entrevistas nos forneceram informações valiosas a respeito da opinião dos professores quanto à apresentação do sistema imunológico no texto utilizado e de como esses professores abordam o assunto nas suas aulas.

Ficou bastante marcada a preocupação dos professores com relação ao aprofundamento dado pelo autor do livro didático a este assunto. A maioria dos professores fez críticas quanto ao excesso de termos científicos utilizados nos livros de ciências e biologia. No caso do sistema imunológico, a crítica principal foi com relação aos nomes dos seus componentes, considerados desnecessários na apresentação desse assunto no ensino fundamental.

Em alguns casos, o texto utilizado na entrevista, que é destinado ao ensino fundamental, foi considerado como complexo até para o ensino médio. Isto ocorreu principalmente com professores que atualmente trabalham com o ensino médio e não têm contato com os livros didáticos de ensino fundamental. O que percebemos no capítulo anterior, e que é importante ressaltar aqui, é que os livros de ensino médio geralmente não trabalham o assunto sistema imunológico e que nos de ensino fundamental ele é trabalhado de forma fragmentada e incompleta, o que não favorece uma compreensão adequada do seu funcionamento.

O texto utilizado na entrevista, como dissemos anteriormente, foi um dos que se mostrou mais adequado em termos de linguagem e aprofundamento para a sétima série, em comparação com os outros livros analisados. Se o texto está muito complexo para o ensino médio e mais ainda para o fundamental, é necessário resolver de forma adequada esse problema, de modo que fique garantido que esses assuntos serão trabalhados na sua totalidade, mostrando como o sistema imunológico funciona e qual sua ação frente a agentes externos e patogênicos.

Outros professores se mostraram desfavoráveis ao texto, fazendo algumas críticas com relação à terminologia utilizada, à complexidade do conteúdo e à falta de ligação com o dia-a-dia dos alunos.

A falta de ligação com o cotidiano dos alunos foi uma preocupação claramente demonstrada pelos professores com relação ao texto utilizado na entrevista. Muitos deles criticaram o excesso de informação técnica e pouca indicação de situações diárias onde os alunos pudessem identificar a ação do sistema imunológico. No entanto, esta ligação é muito facilmente observável pelos alunos, e o texto apresenta várias situações que o professor pode relacionar com a vida dos alunos. Situações de doenças, como a gripe por exemplo, a formação do pus em uma ferida, a febre que toda criança já teve, a AIDS, etc, são situações levantadas no texto e que podem servir para solucionar esse problema.

Quanto ao problema da terminologia utilizada, um livro didático dificilmente poderá deixar de utilizar termos científicos. Esses termos são o que caracteriza a introdução de um conhecimento científico, que vai substituir o conhecimento advindo da observação diária e do vocabulário popular. Um livro didático deve utilizar esses termos, mas sem esquecer de que este é provavelmente o primeiro contato dos alunos com eles. Deve portanto, tentar adequar esses termos à idade e desenvolvimento dos alunos a que se destina, procurar sempre oferecer um glossário para que eles possam tirar suas dúvidas e voltar sempre a ele em momentos de estudo, etc. Essas iniciativas podem servir como uma forma de adequar esses termos nos livros didáticos, em vez de substituí-los.

No entanto, a maioria dos professores considerou o aprofundamento e linguagem utilizados no texto adequado para o ensino fundamental. Mesmo entre os professores que consideraram o texto adequado, surgiram críticas quanto ao aprofundamento dado ao assunto, quanto à terminologia utilizada e quanto à falta de ligação com o dia-a-dia dos alunos. Houve também os que consideraram a linguagem adequada, adaptada ao dia-a-dia

dos alunos, como um texto simplificado, apesar de muito resumido, bem para o nível dos alunos. Como vemos, as opiniões divergiram bastante, mas mantiveram as preocupações principais com o aprofundamento, terminologia e ligação com o dia-a-dia no decorrer de todas as entrevistas. Os professores que consideraram o texto inadequado para o ensino fundamental fizeram as mesmas críticas que os demais professores.

Utilizando o texto escolhido como base, os professores foram questionados quanto à sua adequação também para o ensino médio. Como os livros desse nível de ensino não trabalham com esse tópico de maneira sistemática, decidimos por questionar os professores quanto ao aprofundamento e linguagem considerados adequados, baseados no mesmo texto de ensino fundamental. A maioria dos professores se mostrou favorável à utilização desse texto também para o ensino médio, complementando com alguns detalhes a mais, que teriam sido suprimidos no ensino fundamental.

Alguns dos professores entrevistados defenderam que, no ensino fundamental, não seria necessário um detalhamento maior sobre o sistema imunológico, pois isso seria visto mais tarde com maiores detalhes no ensino médio. Contudo, não foi isso que observamos na nossa análise dos livros didáticos de ensino médio, onde esse assunto praticamente desaparece. O texto, considerado adequado para o ensino médio, não chega a um aprofundamento suficiente quanto à estrutura bioquímica dos seus componentes ou quanto ao processo de interação entre as células do sistema e os patógenos, por exemplo. Esses assuntos são importantes para a compreensão do funcionamento do sistema imunológico e de várias doenças, como a AIDS por exemplo. A melhor oportunidade de se trabalhar com esses assuntos é o ensino médio, onde os alunos já estarão mais familiarizados com conceitos de química e física, necessários para a compreensão do funcionamento do sistema imunológico.

Durante a primeira parte da entrevista, os professores não chegaram a comentar a utilização da metáfora da guerra no texto. Um deles citou a utilização de expressões metafóricas, mas sem colocar expressamente que se tratava de uma metáfora ou uma comparação. Os demais professores somente perceberam a utilização dessas expressões após a indicação de um parágrafo contendo as palavras “batalha” e “luta” e do questionamento a respeito dessa forma de explicar o assunto. Constatamos então, que os professores não percebiam a utilização da metáfora da guerra no texto. Talvez por ser uma

linguagem que sempre foi utilizada nos livros didáticos e com a qual os professores estão familiarizados, ela passa despercebida enquanto recurso didático.

A maioria dos professores considerou a maneira de explicar utilizada pelo autor, no parágrafo indicado, adequada e condizente com o dia-a-dia dos alunos. Alguns a consideraram inadequada, por estar apresentada de maneira muito simplificada. Após a indicação das palavras batalha e luta, a maioria dos professores – 16 entre os 19 – se mostraram favoráveis à utilização dessas expressões metafóricas para explicar o assunto abordado, sendo que alguns deles estabeleceram critérios para que essa utilização fosse considerada adequada.

Dos cinco professores que perceberam logo de início a utilização das palavras batalha e luta para explicar o parágrafo indicado, dois consideraram essa forma de explicar adequada, por ser próxima à linguagem do aluno. Outros dois fizeram críticas no sentido de ressaltar a necessidade de se indicar essas expressões entre aspas, fazendo-se uma correlação “é como se fosse” e indicando que se trata de um recurso para a explicação do assunto. Foi levantado também, por um desses professores, o problema da personificação dos componentes do sistema imunológico, que a utilização da metáfora pode levar. Outro professor não achou essa linguagem adequada, considerando que uma batalha não serviria para representar a ação do sistema imunológico e que seria uma palavra “muito carregada” para a utilização em um texto didático.

Dos professores que não perceberam a utilização dessas palavras no parágrafo indicado, a maioria deles (dez) considerou essa forma de explicação adequada por estar relacionada ao dia-a-dia dos alunos. Após a indicação da utilização das palavras batalha e luta, a opinião dos professores se manteve a mesma, considerando que essa forma de explicar “na verdade ilustra o que tá ocorrendo” e utiliza palavras do cotidiano dos alunos para substituir a linguagem científica. Os outros quatro professores consideraram que esta forma de explicar não estava adequada. Um deles considerou essa linguagem simplificada e que reforçaria certos comportamentos que a escola está tentando combater. Outro professor considerou-a inadequada por passar a idéia de que o sistema imunológico só funciona em determinadas ocasiões, situações especiais onde o corpo estaria “sendo atacado”, e não durante toda a vida do indivíduo.

Todos os professores entrevistados, sendo favoráveis ou não à utilização da metáfora da guerra, afirmaram que, em um certo momento ou de certa maneira, poderiam

fazer uso desse recurso para a explicação do sistema imunológico aos seus alunos. A maioria dos professores (63%) afirmou utilizar a metáfora da guerra nas suas aulas. Outros 21% utilizariam esse recurso se ele estivesse adequado a algumas características consideradas por eles como essenciais para essa utilização. Os demais 16% disseram não fazer uso desse recurso, mas que poderiam utilizar, em certas ocasiões ou de uma certa maneira.

Muitos dos professores não possuem uma definição clara do que seria uma analogia ou uma metáfora. Geralmente elas são tratadas como um exemplo, um modelo, ou confundidas com a utilização de palavras vulgares de uso popular, as quais os professores consideram inadequadas para o ensino de ciências. A utilização de uma linguagem metafórica ou analógica, no entanto, vai além da simples substituição de um termo científico por um vulgar, ela se utiliza das similaridades entre esses dois domínios, como uma forma de aproximar o conhecimento que está sendo ensinado do conhecimento prévio do aluno.

Um dos professores afirmou que o simbolismo relacionado à utilização dessa linguagem seria bastante útil para se explicar um conceito científico abstrato. Esse simbolismo, principalmente no ensino fundamental e também no ensino médio, poderia ser uma porta de entrada para esses conceitos de uma forma mais lúdica e interessante para os alunos.

Este professor colocou o seguinte: *“A gente consegue ver nas coisas um peso que elas não têm”*. Isso nos faz pensar no perigo representado pela comparação de um conceito biológico com uma situação de guerra. Será que uma comparação, limitada à explicação de um conceito, pode ser um fator que influencie um comportamento de maneira tão direta? Será que ela terá um peso tão grande assim? Os fatores sociais e econômicos envolvidos no desenvolvimento dessas crianças não teriam um peso infinitamente maior no problema da violência, do que uma comparação com uma situação de guerra para explicar um conceito na escola?

Esses questionamentos não diminuem a nossa preocupação com a utilização da metáfora da guerra no ensino de ciências. Pelo contrário, eles nos dão mais certeza ao afirmar que esse recurso didático é uma ferramenta válida para a apresentação desse conceito no ensino fundamental, e também no ensino médio, e que é necessário um

cuidado e um preparo muito grande dessa apresentação, como também para todas as analogias e metáforas utilizadas no ensino.

Vimos a partir das entrevistas que os professores necessitam de uma capacitação para a utilização desse tipo de recurso. Os recursos analógicos e metafóricos são geralmente utilizados sem uma preparação prévia por parte do professor. Também os autores de livros didáticos os utilizam de forma não sistemática, ora indicando as expressões metafóricas entre aspas, ora colocando-as no texto sem indicação alguma. Essa falta de sistematização traz um perigo maior para a compreensão dos alunos do que a própria utilização da metáfora.

Em geral, os professores entrevistados se mostram favoráveis à utilização da metáfora da guerra e muitos têm consciência dos perigos representados pela má utilização desse recurso no ensino de ciências. Apesar de levantarem os problemas advindos da utilização da metáfora da guerra, e de criticarem a terminologia científica utilizada, a complexidade do assunto e a falta de ligação com o cotidiano dos alunos, os professores não desconsideraram uma possível utilização desse recurso nas suas aulas de ciências ou biologia.

Tendo em vista os resultados encontrados na nossa análise das entrevistas e também as constatações feitas a partir da análise dos livros didáticos (Capítulo III), no próximo capítulo faremos uma proposta para o ensino do sistema imunológico no nível fundamental. Esta proposta visa fornecer uma alternativa para o ensino do sistema imunológico pelos professores, na forma de uma atividade utilizando a metáfora da guerra de uma forma mais sistematizada. Nesta atividade, a metáfora da guerra será explicitada utilizando o Modelo TWA. Com essa atividade, esperamos estar possibilitando aos professores uma alternativa para que a utilização da metáfora da guerra possa ser melhor utilizada e seja mais frutífera para os estudantes.

Capítulo V

PROPOSTA PARA O ENSINO DO SISTEMA IMUNOLÓGICO NO NÍVEL FUNDAMENTAL

Este capítulo tem por objetivo propor uma abordagem para o ensino do sistema imunológico com a utilização da metáfora da guerra como recurso didático. Para isso, faremos uma análise da metáfora da guerra amplamente utilizada na imunologia, procurando identificar os possíveis obstáculos epistemológicos e pedagógicos advindos dessa utilização e posteriormente, proporemos uma atividade onde a metáfora da guerra é aplicada de acordo com o modelo TWA, de forma a criar uma abordagem sistematizada para o ensino do sistema imunológico.

V.1 A METÁFORA DA GUERRA SOB UM OLHAR BACHELARDIANO

Bachelard (1996), no seu livro “A formação do espírito científico”, cujo original data de 1938, alertou para os perigos da má utilização de analogias e metáforas na ciência e no ensino de ciências, introduzindo a noção de obstáculo epistemológico. Os obstáculos epistemológicos seriam derivados da experiência com a realidade fenomenológica que levariam o “*pensamento científico para construções mais metafóricas que reais*”. Essas construções podem se tornar uma barreira que impede o pensamento abstrato, necessário para seguir a via psicológica normal do pensamento científico.

Os obstáculos epistemológicos e, por conseqüência, pedagógicos, indicados por Bachelard, estariam fundamentados na experiência primeira, no conhecimento geral, no abuso das imagens usuais, no conhecimento unitário e pragmático, no substancialismo, no realismo, no animismo e no conhecimento qualitativo.

Para Bachelard, o uso de uma linguagem intimamente ligada às concepções alternativas dos alunos pode induzir a formação ou reforço de obstáculos, como o substancialismo e o animismo. Bachelard afirma que, *“uma ciência que aceita imagens é mais que qualquer outra, vítima das metáforas”* e que por isso, *“o espírito científico deve lutar sempre contra as imagens, contra as analogias, contra as metáforas”*.

A metáfora da guerra foi, e continua sendo, amplamente utilizada pelos pesquisadores da área de imunologia e pelos autores de livros didáticos. Esse recurso, utilizado inicialmente pelos primeiros pesquisadores da área, tornou-se unânime entre os autores de livros didáticos. Geralmente os autores o utilizam sem esclarecer aos leitores que a metáfora da guerra é apenas uma ferramenta, utilizada para explicar um conceito teórico e abstrato.

Um bom exemplo deste obstáculo animista, no caso da metáfora da guerra, é a tendência dos autores a representar os elementos do sistema imunológico, macrófagos e linfócitos, como *“soldados do exército do nosso corpo”*. Essa visão, apesar de representar bem a ação desses elementos no funcionamento do sistema imunológico, pode, sem dúvida, levar a uma visão antropomórfica dos macrófagos e linfócitos.

As próprias palavras *“atacam”*, *“defendem”* e *“combatem”* levam a essa visão antropomórfica. Elas atribuem aos glóbulos brancos, por exemplo, a decisão de ir atacar ou combater um invasor. Eles seriam soldados que decidem ir para a batalha. Isso leva a uma idéia antropomórfica e animista, dando uma característica de decisão consciente para a ação desse glóbulo branco.

Exemplos de frases utilizando essas expressões não faltam nos livros analisados:

“Os glóbulos brancos são atraídos para qualquer lugar do corpo onde existam micróbios. Assim, numa ferida infeccionada, eles se acumulam em grande número e atacam os micróbios ‘comendo-os’ “. (Gowdak e Mattos, 1991, 5ª série, p.154)

“Alguns glóbulos brancos combatem diretamente os agentes invasores, enquanto outros os atacam à distância por meio da produção de anticorpos.” (Amabis e Martho, 1994, 2º ano, p.519)

Aos microorganismos patogênicos também é dada essa característica antropomórfica. Os autores geralmente atribuem a esses microorganismos a característica do *“invasor”*, que tenta invadir a qualquer custo o corpo humano. Por exemplo:

“Assim, caso o mesmo microorganismo tente uma nova invasão, será logo destruído, e nem chegaremos a adoecer novamente da mesma enfermidade.” (Silva Jr. et al., 1993, 7ª série, p.102)

Este trecho serve como exemplo desse antropomorfismo que as metáforas tendem a ressaltar. Além de ser considerado um “invasor”, o microorganismo também tem a capacidade de planejar “uma nova invasão”.

A metáfora da guerra, como todas as metáforas e analogias, tem a característica de utilizar o conhecimento anterior do aluno como uma ponte para o acesso a um conhecimento novo e teoricamente mais distante do dia a dia deles. Esta característica, segundo Bachelard, poderia levar ao obstáculo representado pela experiência primeira. Neste tipo de obstáculo epistemológico e pedagógico, o perigo reside na utilização das experiências primeiras que dependem de aspectos óbvios da percepção. Como estão situados antes e acima da crítica, Bachelard considera que estas experiências levam a concepções alternativas, pois subordinam a prática científica ao efeito das imagens.

No caso da metáfora da guerra, estas concepções alternativas dos alunos vão depender do tipo de informação que eles tiveram anteriormente a respeito do que seria uma guerra, uma batalha ou uma luta, e do que representam para eles, no seu dia a dia, estas expressões. Vão depender também, da abordagem dada pelo professor na hora de utilizar a metáfora da guerra em suas aulas.

A preocupação de alguns professores entrevistados em nossa pesquisa reside na possibilidade da metáfora da guerra reforçar atitudes que a escola estaria querendo eliminar, como a violência em sala de aula e na sociedade onde o aluno vive. Contudo, se for utilizada como uma ferramenta, sistematizada de forma adequada e de maneira que o aluno perceba que é apenas mais um recurso, utilizado para aproximar o conhecimento científico de termos e situações mais familiares dos alunos, acreditamos que esta metáfora possa ser melhor recebida por eles e não cause maiores problemas.

Esta sistematização das analogias e metáforas utilizando modelos de ensino, como o TWA, pode ser uma maneira de se reduzir o perigo da formação ou reforço das concepções alternativas dos alunos. Dois motivos nos levam a crer nisso: 1) essas analogias e metáforas se apresentarão mais caracterizadas como ferramentas, pois serão elaboradas com propósitos específicos e utilizadas com objetivos bem determinados, o que atualmente não ocorre nos livros didáticos em geral; 2) o modelo de ensino com analogias

TWA, em uma de suas etapas, também tem a preocupação de fazer ver aos alunos pontos onde análogo e alvo não correspondem, pontos estes que geralmente são alvos de concepções alternativas.

Outra preocupação quanto à utilização da metáfora da guerra, é que esta ferramenta possa encobrir os verdadeiros mecanismos que ocorrem no organismo, tomando, a metáfora, o lugar da explicação biológica da ação do sistema imunológico. Isso pode ser percebido nos livros didáticos, onde a linguagem metafórica é amplamente utilizada, sem se explicitar que se trata de uma ferramenta e que esta não pode ser tomada literalmente. Uma abordagem mais sistematizada da metáfora da guerra pode reduzir esse problema, pois ao mesmo tempo em que mostra a metáfora, a comparação, vai estar mostrando também o mecanismo de ação do sistema imunológico de forma sistematizada.

A falta de esclarecimento do objetivo da utilização da metáfora e de uma maior sistematização dessa utilização, é que leva muitas vezes à formação dos obstáculos alertados por Bachelard. Por isso propomos uma forma de adequar a utilização da metáfora da guerra, visando diminuir os problemas com a formação de obstáculos epistemológicos e concepções alternativas. Para isso, utilizaremos o modelo de ensino com analogias TWA, modificado por Harrison e Treagust em 1994, como uma forma de sistematizar a utilização da metáfora da guerra e que pode ser utilizada pelos professores nas suas aulas.

V.2 O MODELO TWA E O ENSINO DO SISTEMA IMUNOLÓGICO

Para esta proposta de ensino do sistema imunológico baseado no modelo TWA, partiremos de um dos materiais didáticos do projeto Biologia para o cidadão do século XXI, coordenado por Trivelato (1999), que propõe atividades para o tratamento didático de alguns tópicos de biologia no ensino médio. O tópico escolhido trabalha a questão das defesas do organismo, fazendo uma analogia com uma situação de guerra.

Esta atividade *“procura facilitar a compreensão do funcionamento do sistema imunológico explorando uma analogia com os agentes e funções de um exército que tenta neutralizar a ação de um inimigo”* (Trivelato, 1999, p.11).

Os autores dessa atividade acreditam “*que as ações e estratégias empregadas por um exército são mais fáceis de serem compreendidas do que as complexas funções do sistema imunológico*”, o que justificaria a utilização dessa analogia, pois “*provavelmente muitas das funções dos combatentes de um exército já são conhecidas ou imaginadas pelos alunos e esse ‘conhecimento’ pode facilitar a compreensão dos processos envolvidos na defesa de organismos biológicos*” (Trivelato, 1999, p.11).

Esta atividade consta de três partes: na primeira, o professor propõe aos alunos a consideração de uma situação hipotética, a atuação de um exército em defesa de uma nação ameaçada por um inimigo; na segunda, os alunos são convidados a identificar as células do sistema imunológico que desempenham funções análogas aos combatentes do referido exército; a terceira e última parte se constitui numa representação esquemática do mecanismo de defesa imunológica, recuperando as funções das células envolvidas.

De acordo com o modelo TWA modificado, como já citamos anteriormente no capítulo 1, são indicadas seis operações ou passos na sistematização de uma analogia com objetivo de tornar mais efetiva a utilização desse recurso. Esses passos, lembrados resumidamente aqui, consistem em: 1) introduzir o conceito alvo, 2) apresentar o conceito análogo, 3) identificar as características relevantes do análogo, 4) mapear as similaridades, identificando as características relevantes do conceito alvo, ligando-as com as correspondentes do análogo, 5) indicar onde a analogia falha, isto é, áreas onde o análogo e o alvo não correspondem, e 6) traçar conclusões sobre o alvo.

As três etapas sugeridas na atividade proposta pelo grupo de Trivelato, 1999, equivalem aos passos 2, 3 e 6 do modelo. Nesta atividade, o passo 4 é feito de uma forma não sistematizada, sem indicar explicitamente os pontos similares entre análogo e alvo e o passo 5, indicar onde a analogia falha, não chega a ser trabalhado nesta atividade. Assim, acreditamos que o modelo de ensino com analogias TWA acrescentaria passos importantes para uma efetiva utilização desse recurso para o ensino do sistema imunológico.

Os autores dessa atividade sugerem que ela seja desenvolvida no início da unidade didática destinada ao sistema imunológico, servindo como atividade introdutória, para facilitar a atribuição de significado para as questões abstratas que normalmente são parte do tópico imunologia. No entanto, apresentada da forma como está, constando somente dessas três partes, no nosso modo de ver, não cumpre o seu papel de facilitadora da compreensão desse tópico de forma tão completa como potencialmente poderia.

Por esse motivo, tomaremos esta atividade como um ponto de partida para a nossa proposta de ensino do sistema imunológico, utilizando a metáfora da guerra, de modo a explicitar as relações analógicas presentes na metáfora da guerra, tornando-a assim uma analogia da guerra. Nossa proposta será adequada ao modelo de ensino com analogias TWA, pois acreditamos ser uma forma adequada de apresentar o sistema imunológico utilizando a metáfora da guerra de uma forma sistematizada, esperando diminuir os riscos de formação de obstáculos pedagógicos e concepções alternativas pela explicitação das relações analógicas, o que favorece a utilização desse recurso didático no ensino fundamental.

Nossa proposta será destinada ao ensino fundamental, pois o sistema imunológico é tratado geralmente na 5ª ou 7ª série deste nível de ensino e, como vimos no capítulo anterior, os autores utilizam a metáfora da guerra com bastante frequência mas não seguem qualquer abordagem sistematizada nessa utilização. Além disso, os capítulos destinados ao sistema imunológico deixam muito a desejar no que diz respeito ao aprofundamento dado e aos conceitos trabalhados, que geralmente aparecem de forma fragmentada, o que dificulta a compreensão dos mecanismos imunológicos envolvidos na defesa do corpo humano.

Nós nos propomos a sistematizar a utilização da metáfora da guerra, de modo a torná-la uma analogia bem trabalhada, onde as características semelhantes e dessemelhantes são exploradas, visando contribuir para a melhoria na compreensão desse assunto no ensino fundamental, aumentando a viabilidade dessa ferramenta de ensino.

O ENSINO DO SISTEMA IMUNOLÓGICO: DA METÁFORA À ANALOGIA DA GUERRA

Passo 1 (Introduzir o conceito alvo)

Este passo serve como uma apresentação do capítulo a ser estudado com um breve resumo sobre o sistema imunológico ou então, como uma recuperação dos conceitos trabalhados anteriormente, caso esta atividade seja utilizada após a apresentação do assunto pelo professor. Sugerimos que os professores iniciem com uma problematização sobre o conhecimento anterior dos alunos a respeito do sistema imunológico, com questões como:

Como é que ficamos doentes? Como reagimos a estas doenças? Ou retomando os conhecimentos anteriormente trabalhados sobre o sistema imunológico.

Passo 2 (Apresentar o conceito análogo)

Neste passo, utilizaremos a sugestão do grupo de Trivelato, de uma situação hipotética de um exército invasor que tenta tomar uma ilha, introduzindo algumas modificações para adaptá-la ao ensino fundamental e mantendo o questionamento sugerido no original. Esta situação deverá ser proposta à classe, com um convite para que os alunos contribuam na caracterização. Entre parênteses e em itálico, são apresentadas algumas sugestões de perguntas que podem ser propostas aos alunos durante a caracterização.

Um exército invasor tenta tomar uma ilha

A população de uma nação ocupa uma ilha e dispõe de um exército, cuja principal função é defendê-la de possíveis ataques de outras nações, interessadas em explorar os recursos energéticos da ilha (carvão mineral, petróleo, etc.).

Imagine que essa nação está sendo atacada por um exército inimigo que procura entrar na ilha e dominar os edifícios e instalações que exploram os recursos energéticos.

Antes de conseguir entrar na ilha, o exército inimigo precisa ultrapassar a barreira formada pela praia, só assim eles conseguirão penetrar na ilha e dominar os edifícios e instalações.

Ultrapassando essa primeira barreira, os invasores conseguem entrar na ilha, mas os sentinelas do exército de defesa estão permanentemente atentos e percebem a presença de invasores.

(Qual a primeira preocupação de sentinelas quando percebem a aproximação de inimigos?)

Os sentinelas se comunicam com a base militar avisando do ataque e descrevendo a força invasora. Em seguida tentam deter os soldados do exército inimigo até mesmo com luta corpo a corpo. Alguns invasores são neutralizados, mas isso custa a vida dos sentinelas. Outros invasores escapam e conseguem penetrar na ilha.

Na base militar, os oficiais, avisados do ataque, distribuem as primeiras ordens para a defesa da ilha.

(Que ordens deveriam ser dadas para evitar que os invasores tomem conta das instalações energéticas da ilha?)

Os oficiais instruem um batalhão de artilharia para se deslocar para o local da invasão, e destruir o inimigo. Indicam as melhores armas que devem ser usadas para combater aquele inimigo.

Os oficiais ordenam também a outra tropa, a tropa de resgate, que localize os soldados mortos, os sentinelas que se atracaram com os invasores, e os sepulte.

Apesar do ataque da artilharia e de todos os esforços, alguns invasores conseguem entrar na ilha e ocupam as instalações e edifícios que controlam os recursos energéticos da nação.

(Como se pode controlar a invasão quando alguns locais já foram tomados pelo inimigo?)

Os oficiais, percebendo a extensão do ataque, ordenam que outro batalhão de soldados, a divisão de explosivos, localize os edifícios já tomados pelos invasores e os destrua com bombas e armas.

Depois de várias batalhas, muitos soldados estão mortos, várias regiões da ilha foram destruídas ou danificadas e o exército defensor está enfraquecido, mas os invasores foram eliminados ou detidos.

A guerra termina vitoriosa para o exército defensor e a nação é preservada.

Para evitar que este mesmo exército volte a atacar a ilha, os oficiais determinam que uma pequena tropa de soldados permaneça de prontidão com suas armas. Caso o exército invasor penetre na ilha novamente, a ação do exército de defesa será mais rápida, pois essa tropa vai reconhecer o inimigo mais rapidamente e já terá as armas necessárias para sua eliminação.

Passo 3 (Identificar as características relevantes do análogo)

Em uma tabela (Tabela 8), os alunos são solicitados a identificar os personagens envolvidos nessa guerra e a relacionar os personagens que tiveram algum papel na situação descrita pelo professor. Esta tabela será distribuída aos alunos, com apenas a primeira coluna preenchida, para que eles descrevam resumidamente a função de cada personagem. Em itálico, estão descritas algumas prováveis respostas dos alunos.

Tabela 8 – Características relevantes do análogo

Personagem	Sua função na guerra
Exército de defesa	<i>Defender a ilha contra invasões por exércitos inimigos.</i>
Exército invasor	<i>Atacar a ilha, com o objetivo de tomar seus recursos.</i>
Praia	<i>Primeira barreira antes da entrada do exército inimigo na ilha.</i>
Sentinelas	<i>Informam a base militar sobre o ataque e suas características. Atracam-se com os invasores tentando eliminá-los.</i>
Oficiais	<i>Recebem as informações dos sentinelas e instruem seus soldados para o ataque, escolhendo as melhores armas e como deve ser o ataque em cada situação. Os oficiais também determinam a formação da tropa de prontidão contra novos ataques.</i>
Soldados de artilharia	<i>Usam armas específicas para destruir o inimigo, antes que ele tome conta de regiões e instalações da ilha.</i>
Soldados da tropa de resgate	<i>Localizam os soldados mortos e os sepultam.</i>
Soldados da divisão de explosivos	<i>São a força de combate mais radical. Atacam as instalações ocupadas pelo inimigo, destruindo assim parte dos próprios recursos da nação.</i>
Soldados da tropa remanescente de prontidão	<i>Mantém-se armados contra um próximo ataque do mesmo exército inimigo, tornando o exército de defesa mais rápido em uma segunda invasão.</i>

Passo 4 (Mapear as similaridades entre o análogo e o alvo)

Para efetivação desse passo, o professor deve apresentar o conceito alvo, o sistema imunológico, apresentando aos alunos um resumo sobre o sistema imunológico e uma tabela onde relaciona suas células e as funções que desempenham (Tabela 9). Esta tabela deve ser distribuída aos alunos no momento da explicação do professor. Alguns elementos apresentados na tabela podem ser suprimidos ou outros acrescentados, dependendo do aprofundamento pretendido pelo professor.

Tabela 9 – O conceito alvo

Elemento do sistema imunológico	Sua função no organismo
Sistema imunológico	Sistema responsável pela detecção e eliminação dos antígenos.
Antígenos	Substâncias estranhas que entram em nosso corpo (por exemplo, microorganismos).
Pele, mucosas, saliva, pêlos e lágrimas	Barreira externa contra os antígenos.
Macrófagos	São as primeiras células do sistema imunológico a entrar em ação. Fagocitam ativamente as substâncias, expondo parte delas na superfície de sua membrana, o que possibilita a sua reação com outras células do sistema imunológico.
Linfócitos T auxiliares	Reagem aos antígenos expostos na superfície dos macrófagos e produzem substâncias que desencadeiam respostas imunológicas.
Linfócitos B	Produzem anticorpos, isto é, proteínas específicas que reagem com os antígenos.
Linfócitos T citotóxicos	Eliminam os macrófagos que possuem substâncias estranhas expostas nas suas membranas. Reagem com as células infectadas pelos antígenos, destruindo-as através de substâncias tóxicas.
“Células de memória”#	Linfócitos B e T que persistem após a infecção, entram em ação após um segundo contato com o patógeno. Confere proteção duradoura contra os patógenos com os quais já teve contato.

Nesta tabela utilizamos a expressão “célula de memória”, que também é uma expressão metafórica, só que não relacionada à guerra. Esta expressão é intrínseca ao vocabulário imunológico, sendo utilizada tanto pelos cientistas quanto pelos autores de livros didáticos, e que dificilmente pode ser substituída. Este ponto também pode, e deve, ser trabalhado junto aos alunos no momento da discussão da atividade e/ou no passo 5.

O aprofundamento dado a esta etapa vai depender dos critérios do professor e de até que ponto ele pretende que os seus alunos sejam capazes de identificar as ações do sistema imunológico. As ações indicadas na Tabela 9 estão além do que é usualmente trabalhado no ensino fundamental. Cabe ao professor decidir se trabalhará com todas essas ações ou não. Uma opção é adaptar a tabela de acordo com o que o professor pretende ensinar e o que ele acha mais importante ou dispensável para esse nível de ensino.

Da forma como está apresentado o conteúdo sobre o sistema imunológico na nossa proposta, ele pode ser utilizado também pelos professores de ensino médio, que podem também fazer alterações dependendo da profundidade desejada.

Depois de conhecer os elementos do sistema imunológico e suas funções na defesa do organismo, espera-se que os alunos sejam capazes de encontrar relações entre esses

elementos e os que participam de uma guerra. Para isso, os alunos devem fazer uma nova tabela (Tabela 10), mapeando as características do análogo e do alvo que se correspondem, isto é, as características do sistema imunológico e da situação de guerra que são semelhantes. Para os alunos, esta tabela deve ser entregue somente com a primeira coluna preenchida.

Tabela 10 – Mapeamento das similaridades entre análogo e alvo.

Elementos do sistema imunológico	Elementos de uma guerra
Sistema imunológico	<i>Exército de defesa</i>
Antígenos	<i>Exército invasor</i>
Pele, mucosas, saliva, pêlos e lágrimas	<i>Praia</i>
Macrófagos	<i>Sentinelas</i>
Linfócitos T auxiliares	<i>Oficiais</i>
Linfócitos B	<i>Soldados de artilharia</i>
Linfócitos T citotóxicos	<i>Soldados da divisão de explosivos e da tropa de resgate</i>
“Células de memória”	<i>Soldados da tropa remanescente de prontidão</i>

Passo 5 (Indicar onde a analogia falha)

Este passo é importante pois permite conhecer áreas onde o análogo e o alvo não se correspondem e serve para detectar as concepções alternativas que os alunos podem ter desenvolvido sobre o alvo. O professor deve apontar estas características não correspondentes visando desencorajar conclusões incorretas sobre o alvo a partir da analogia.

Este passo pode ser inicialmente feito em conjunto pelo professor e os alunos, partindo do questionamento do professor a respeito das características não correspondentes, por exemplo: Vocês acham que todas as etapas de uma guerra podem ser comparadas com o sistema imunológico? Os componentes do sistema imunológico têm armas de verdade como as do exército? O sistema imunológico possui a consciência de que aquele agente, o antígeno, é prejudicial ao nosso organismo? Etc...

Estes questionamentos servirão para conscientizar os alunos de que a guerra é somente uma ferramenta, um recurso, para que eles entendam um conteúdo que é bastante

abstrato e complexo. Nesta oportunidade, o professor também estará procurando desfazer concepções alternativas que possam ter sido geradas pela metáfora, pois os alunos podem personalizar os macrófagos e linfócitos, pensando que eles são “pequenos soldados do exército” do nosso corpo contra os agentes patogênicos “invasores”. Apesar das células do sistema imunológico desempenharem um papel semelhante ao destes soldados na guerra, eles não são “seres” dotados da capacidade de decidir conscientemente que devem atacar um agente estranho. Estas ações são guiadas por reações químicas no interior dessas células em reação aos antígenos presentes nos agentes estranhos ao corpo.

Outras situações podem ser exploradas, dependendo da percepção do professor e dos alunos de situações onde análogo e alvo não correspondem.

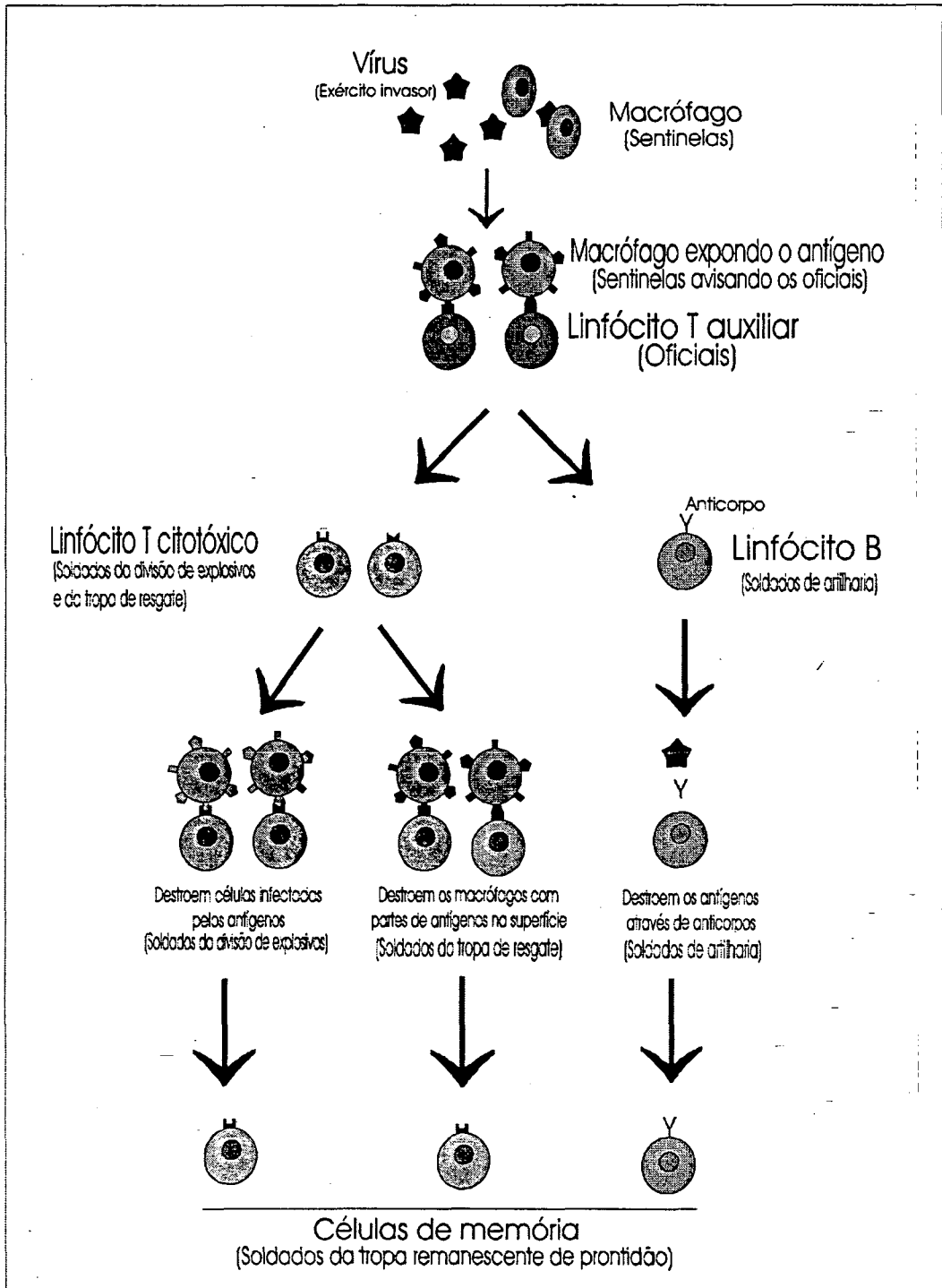
Passo 6 (Traçar conclusões sobre o alvo)

Depois de trabalhada a metáfora entre o sistema imunológico e o exército de defesa e de se ter esclarecido as características onde eles não correspondem, o professor deve sistematizar os conteúdos desenvolvidos, fazendo um resumo dos aspectos importantes do conceito alvo. Para isso pode ser retomada a tabela distribuída aos alunos, esquematizando os elementos na forma que achar adequada. Por exemplo, trabalhar com figuras ou desenhos no quadro ou então compondo, junto com os alunos, um esquema indicando as células do sistema imunológico e suas funções no processo que está sendo descrito, sempre que necessário, retomando a metáfora dos “papéis” desempenhados pelas células/exército de defesa do organismo/nação. Na Figura A (p.147), apresentamos um esquema que pode ser utilizado pelo professor e distribuído aos alunos. Esta figura é uma adaptação do original proposto pelo grupo de Trivelato. A figura foi simplificada para ser utilizada no ensino fundamental e foram acrescentados os análogos na situação de guerra para permitir uma melhor visualização pelos alunos.

Com essa atividade não pretendemos que os alunos decorem os nomes das células do sistema imunológico e que saibam relacionar cada célula com o seu análogo, mas sim que ela sirva como uma ferramenta que permita uma melhor compreensão da metáfora da guerra utilizada nos livros didáticos e que proporcione ao aluno uma visão geral do funcionamento e ação do sistema imunológico.

Figura A – Esquema da ação do sistema imunológico

Entre parênteses, são indicados os correspondentes na situação de guerra.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da análise dos capítulos destinados à apresentação do sistema imunológico nos livros didáticos de ensino fundamental e médio e das entrevistas com os professores, quanto ao conteúdo em si e quanto à utilização da metáfora da guerra, percebemos que este assunto geralmente é tratado de forma insatisfatória, e muitas vezes superficial, em ambos os níveis de ensino.

O sistema imunológico geralmente é trabalhado de forma fragmentada no ensino fundamental, não sendo possível ao aluno uma visão do funcionamento do sistema como um todo. Aspectos referentes às funções dos seus componentes, às relações entre o sistema e os agentes externos e patógenos e os próprios componentes desse sistema são tratados de maneira superficial no intuito de simplificar o assunto para os alunos do ensino fundamental. No entanto, o sistema imunológico não é tratado novamente em anos posteriores, tanto que no ensino médio ele praticamente desaparece como tópico de ensino. Assim, o sistema imunológico nunca chega a ser trabalhado de uma forma mais completa, que permita uma visão mais geral do seu funcionamento, ficando somente nos conceitos básicos, fragmentados e amplamente metafóricos.

Essas observações possivelmente indicam uma falha muito importante nos programas curriculares, nos quais os autores de livros didáticos se baseiam, o que reflete diretamente em sala de aula, pois os professores geralmente adotam livros didáticos e vinculam suas aulas à estrutura apresentada por eles. Isto nos leva a questionar necessidade de uma revisão dos programas curriculares e dos livros didáticos, de modo a adequar os conteúdos destes aos conhecimentos necessários para uma compreensão geral e satisfatória do sistema imunológico.

Os professores entrevistados apresentaram opiniões divergentes a respeito da apresentação do sistema imunológico no livro didático utilizado na entrevista. Muitos deles se mostraram satisfeitos com a abordagem dada pelo autor, no entanto a maioria dos professores criticaram a forma como o texto era apresentado. As críticas principais se

referiam ao aprofundamento dado ao assunto pelo autor, ao excesso de termos científicos, à complexidade do assunto e também à falta de ligação com o cotidiano dos alunos.

Detectamos também, em nossa investigação, que, tanto os autores dos livros didáticos analisados quanto os professores entrevistados utilizam a metáfora da guerra na explicação do sistema imunológico. Esta utilização é feita de forma não sistematizada, não explicitando a utilização da metáfora da guerra como recurso didático e não desenvolvendo as relações analógicas presentes entre o sistema imunológico e a situação de guerra. Os termos utilizados, como por exemplo “batalha” e “luta”, são tomados como termos explicativos e provavelmente visam simplificar a explicação do mecanismo imunológico considerado muito complexo. Essa simples substituição dos termos científicos pelos metafóricos não favorece a compreensão do sistema imunológico sem que sejam trabalhadas as relações analógicas presentes.

A forma como a metáfora da guerra é trabalhada nos livros didáticos, e por consequência pelos professores, sem a devida sistematização e explicitação das relações analógicas, possivelmente poderá causar uma má compreensão desse recurso didático, com a formação de concepções alternativas e reforço de obstáculos epistemológicos como o animismo e o antropomorfismo.

A partir dessas constatações, consideramos que uma forma de minimizar os possíveis problemas advindos da utilização da metáfora da guerra seria adotar um modelo de ensino que permitisse sistematizar o uso desse recurso. Assim, utilizamos o Modelo de Ensino com Analogias TWA para propor uma abordagem sistematizada para o sistema imunológico, transformando a metáfora da guerra em uma analogia da guerra. Com essa proposta, esperamos estar contribuindo para o ensino do sistema imunológico, valorizando este tipo de ferramenta didática que pode ser muito útil na explicação deste conteúdo no ensino fundamental e médio.

Em futuras investigações pretendemos dar continuidade a este trabalho, fazendo a aplicação dessa atividade em sala de aula de modo a testar a sua viabilidade e fazer os ajustes necessários, impossíveis de serem previstos teoricamente, visando aprimorar a abordagem utilizada. Posteriormente, pretendemos elaborar um livreto de divulgação científica, com o objetivo de permitir um maior acesso dos professores aos resultados dessa pesquisa e contribuir para a melhoria do ensino do sistema imunológico no ensino fundamental e médio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BACHELARD, G. (1996) *A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento*. Rio de Janeiro: Contraponto. Trad. Estela dos S. Abreu.
- DELIZOICOV, N. C. (1995) *O professor de Ciências Naturais e o livro didático (no ensino de programas de saúde)* Dissertação de Mestrado. PPGE/UFSC.
- DUIT, R. (1991) On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science Education*, 75(6): 649-672.
- GLYNN, S. M. (1991) Explaining science concepts: a teaching-with-analogies model. GLYNN, S.M.; YEANY, R. H.; BRITTON, B. K. (Eds.) *The psychology of learning science*. Hillsdale, NJ: Erlbaum, p.219-240.
- GLYNN, S. M.; LAW, M.; GIBSON, N. M.; HAWKINS, C. H. (1998) *Teaching science with analogies: a resource for teachers and textbook authors*. http://curry.edschool.virginia.edu/go/clic/nrrc/scin_ir7.html 08/05/98 17:34.
- GLYNN, S. M.; TAKAHASHI, T. (1998) Learning from analogy-enhanced science text. *Journal of research in science teaching*, 35(10): 1129-1149.
- HARRÉ, R. (1984) *As filosofias da ciência*. Lisboa/POR: Edições 70.
- HARRISON, A. G.; TREAGUST, D. F. (1994) Science analogies: avoid misconceptions with this systematic approach. *The science teacher*, xx (xx):40-43. Abr.
- HOLANDA, A. B. (1986) *Novo dicionário aurélio da língua portuguesa*. Rio de Janeiro/BRA: Nova Fronteira.
- JANEWAY JR, C. A.; TRAVERS, P. (1997) *Imunobiologia: o sistema imunológico na saúde e na doença*. Porto Alegre/BRA: Artes Médicas. 2 ed. Trad. Manuel M. Pereira e Walkiria Settineri.

- LÖWY, I. (1996) Metaphors of immunology: war and peace. In: *História, Ciências, Saúde, Manguinhos*, III (1): xx-xx, Mar.-Jun.
- LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. D. A. (1986) *Pesquisa em educação: abordagens qualitativas*. São Paulo/BRA: EPU.
- MARTINS, R. A. (1997) *Contágio: história da prevenção das doenças transmissíveis*. Coleção polêmica. São Paulo/BRA: Moderna.
- MASSABNI, V. G.; ARRUDA, M. S. P. (1999) Os mecanismos de proteção do organismo nos livros didáticos de biologia. *II Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, Valinhos, São Paulo.
- PERELMAN, C. (1987) Analogia e Metáfora. *Enciclopédia Einaudi. Oral/Escreto Argumentação*. Lisboa/POR: Imprensa Nacional/Casa da Moeda, v.11.
- ROCHA, P. L. B.; EL-HANI, C. N. (1996) The description of the evolutionary process as a methaphor of phylogenetic sistematics. *J. Comp. Biol.*, 1 (1/2): 17-28.
- SANTOS, M. E. (1991) *Mudança conceptual na sala de aula, um desafio pedagógico*. Lisboa/POR: Livros Horizonte.
- TRIVELATO, S. L. F. (Coord.) (1999) *Biologia para o cidadão do século XXI*. São Paulo/BRA: FEUSP. 2ª parte.

ANEXO 1

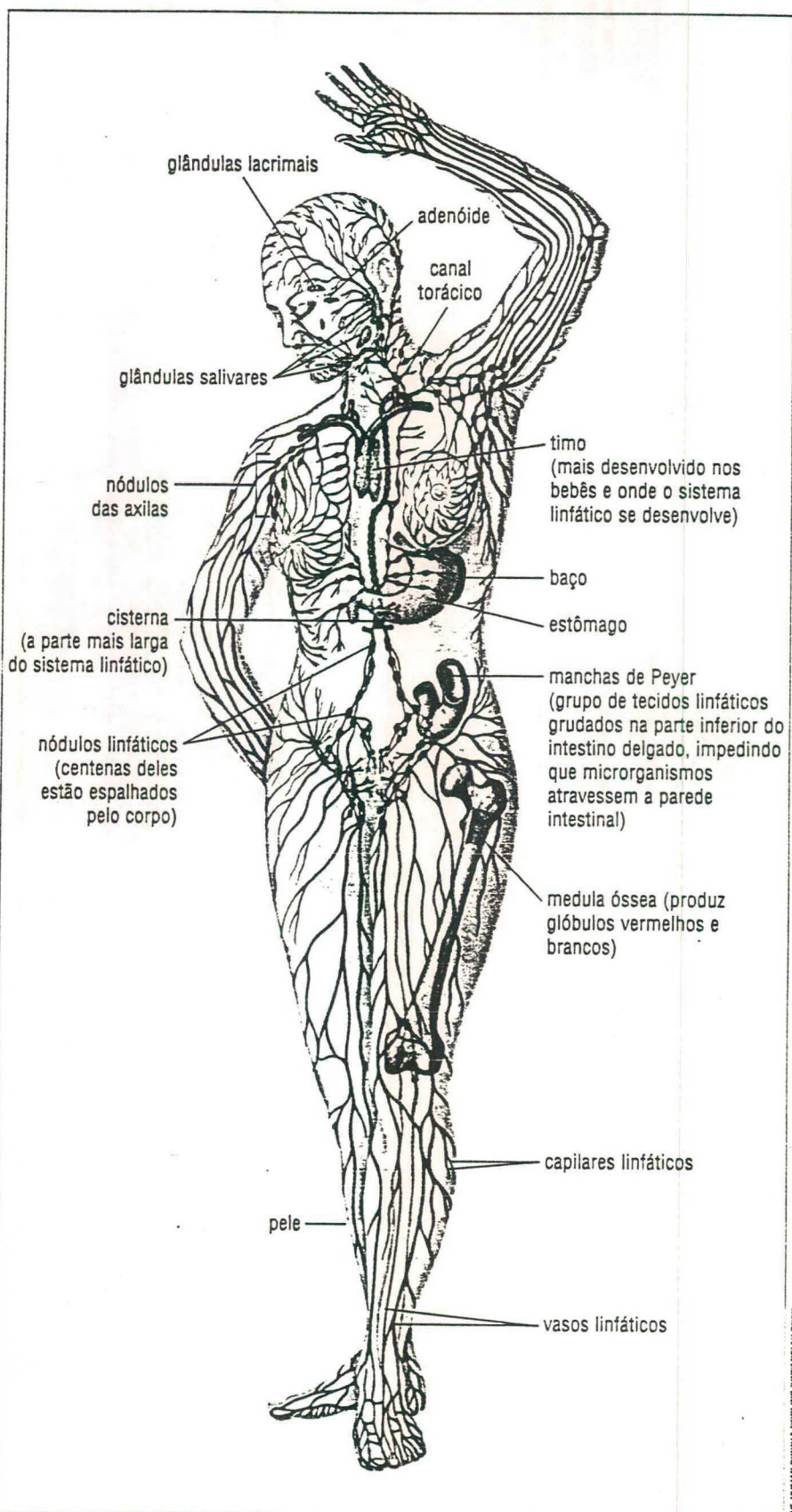
**Capítulo “Defesas do corpo humano” de Barros e Paulino
(texto utilizado na entrevista)**

Defesas do corpo humano

Esquema do sistema linfático, que participa da defesa do corpo humano.

Nosso corpo apresenta diversas defesas contra agentes externos, a começar pela nossa pele: esta funciona como os muros de castelos medievais, impedindo a entrada de inimigos. Temos ainda os pêlos, os cílios e as membranas, que guardam as entradas de nossas narinas, nossos olhos e ouvidos. Porém, assim como os castelos medievais, nossa pele é vulnerável e inimigos conseguem invadi-la.

Depois das defesas externas, a "linha de defesa" mais próxima é representada pela saliva de nossa boca, pelas lágrimas de nossos olhos e por um ácido forte de nosso estômago. Tosses, espirros e vômitos podem ocorrer para expelir invasores inesperados. Porém, quando um espinho penetra a pele ou quando uma bactéria ou um vírus da gripe ultrapassa os pêlos do nariz ou entra pela boca, logo nosso sistema imunológico entra em ação através dos glóbulos brancos do sangue. Estes produzem os anticorpos para a defesa do organismo contra bactérias e vírus.



Outra defesa interna contra agentes infecciosos externos é o sistema linfático. A linfa é um líquido claro que percorre o *sistema linfático*, trabalhando em conjunto com o sistema imunológico. A linfa flui lentamente por todo o nosso corpo, através dos vasos linfáticos.

Ultrapassando paredes de capilares sanguíneos

Sabemos que o sangue circula dentro de um sistema fechado de vasos. Assim, pode-se concluir que ele não sai desse circuito para entrar em contato direto com as células. Então, de que modo as células recebem as substâncias nutritivas presentes no sangue?

Em resposta a esta questão, acompanhe as explicações seguintes.

Nos tecidos, entre as células, existem espaços ocupados pelo chamado *líquido intercelular*.

Esse líquido é formado pelo plasma que extravasa dos capilares sanguíneos (permeáveis) e pelo material que as células liberam para fora delas.

O plasma extravasado banha as células, fornecendo-lhes as substâncias nutritivas de que ne-

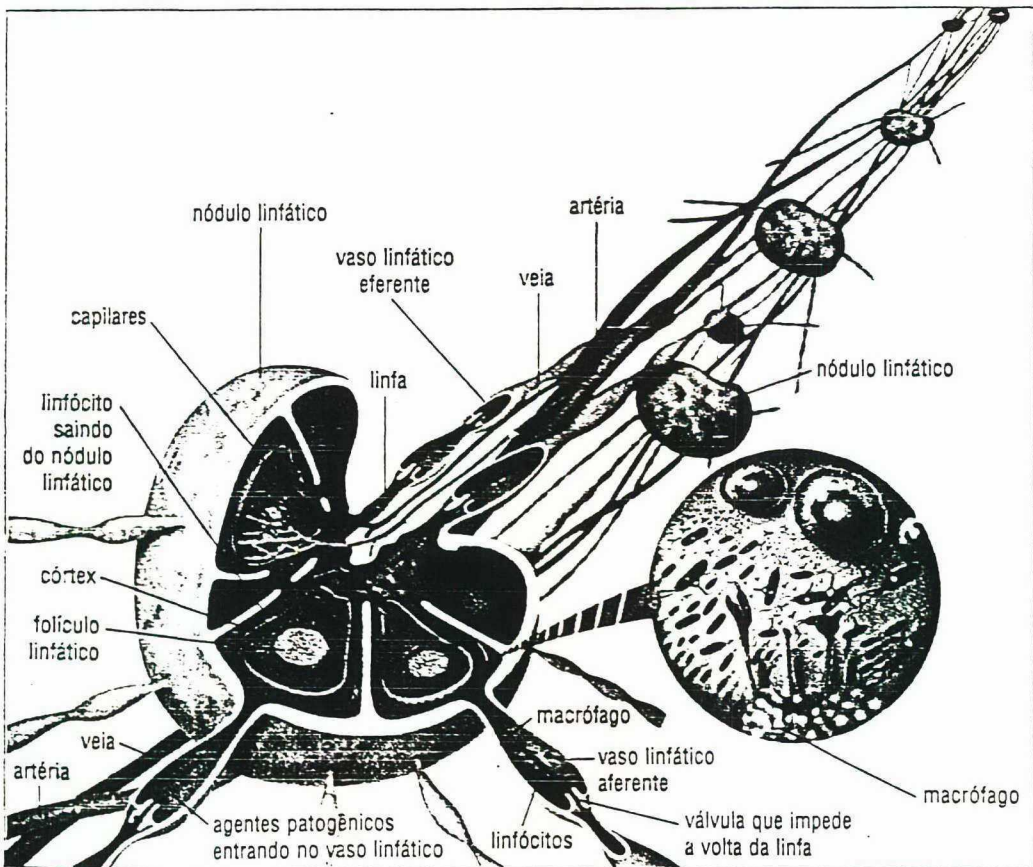
cessitam. Ao mesmo tempo, as células liberam para o líquido intercelular diversos resíduos de seu metabolismo. Assim, entre o líquido intercelular e as células existe uma contínua troca de substâncias.

A linfa

O plasma sanguíneo extravasa continuamente dos capilares. Isso provocaria a formação de uma grande quantidade de líquido intercelular. O acúmulo desse líquido entre as células, por sua vez, causaria um inchaço nos tecidos. Por que isso normalmente não acontece?

O que ocorre é que uma parte do líquido intercelular retorna aos capilares sanguíneos, levando gás carbônico e resíduos diversos. Outra parte — a *linfa*, um líquido claro, ligeiramente amarelado — é recolhida pelos chamados *capilares linfáticos*.

Os capilares linfáticos transportam a linfa até vasos de maior calibre, chamados *veias linfáticas*. Essas veias, por sua vez, desembocam em *veias sanguíneas*, onde a linfa é liberada, misturando-se com o sangue.



Esquema de corte em nóculo linfático. Perceba pelas setas que há *vasos linfáticos aferentes* — que se dirigem para o nóculo — e *vasos linfáticos eferentes* — que saem do nóculo.

O sistema linfático

Ao longo do seu trajeto os *vasos linfáticos* passam pelo interior de pequenos órgãos globulares, chamados *nódulos linfáticos* (esses nódulos também são conhecidos como *gânglios linfáticos*). Os vasos linfáticos passam ainda por certos órgãos, como as amígdalas e o baço.

O *sistema linfático* compreende o conjunto formado pela linfa, pelos capilares linfáticos e órgãos linfóides (baço, timo, amígdalas).

Ao contrário do sistema circulatório, o sistema linfático não é fechado. Os capilares linfáticos aparecem entre os tecidos como pequenos tubos de fundo cego.

O sistema linfático não possui um órgão equivalente ao coração. A linfa, portanto, não é bombeada como no caso do sangue. Mesmo assim se movimenta, pois as contrações musculares comprimem os vasos linfáticos, provocando o fluxo da linfa. Além disso, os vasos linfáticos possuem válvulas que impedem o refluxo (retorno) da linfa: assim, ela circula pelo vaso linfático num único sentido.

O nosso corpo se defende

O corpo humano está constantemente exposto a microrganismos invasores: bactérias, vírus, fungos, protozoários. Alguns não fazem mal nenhum. Outros causam infecções e doenças, desde simples resfriados até enfermidades que põem em risco a nossa vida.

Entretanto, possuímos defesas próprias contra agentes nocivos.

As primeiras defesas

A *pele* e as *membranas mucosas* atuam como barreiras que impedem a penetração de microrganismos em nosso corpo. A camada de queratina que impermeabiliza as células epidérmicas superficiais é bastante resistente ao ataque de micróbios.



MAURITZSTOCK PHOTO

A pele está sempre nos protegendo de agressões do meio ambiente. Portanto, devemos tratá-la com o cuidado que ela merece, evitando que fique ressecada ou oleosa demais. Um dermatologista (médico que cuida de problemas da pele) pode dar a orientação adequada, sempre que necessário.

A *saliva*, que contém enzimas digestivas e muco, apresenta outras substâncias capazes de destruir muitos tipos de microrganismos que penetram na boca junto com os alimentos.

O *ácido clorídrico*, presente no suco gástrico, tem ação destrutiva sobre alguns microrganismos.

Pêlos e muco das fossas nasais retêm muitos microrganismos, impedindo que eles penetrem no nosso tubo respiratório juntamente com o ar inspirado.

As nossas *lágrimas* contêm enzimas que destroem certos microrganismos. É por isso que, quando ocorre qualquer tipo de irritação nos olhos (causada por partículas de poeira ou por qualquer outro agente externo), logo surgem as



lágrimas, que lubrificam e protegem os olhos.

A lágrima contém uma enzima que ataca certos tipos de bactérias.

Como vimos, nosso organismo possui alguns recursos que contribuem para evitar a penetração de microrganismos em nosso corpo. Esses recursos constituem a nossa primeira linha de defesa contra invasores.

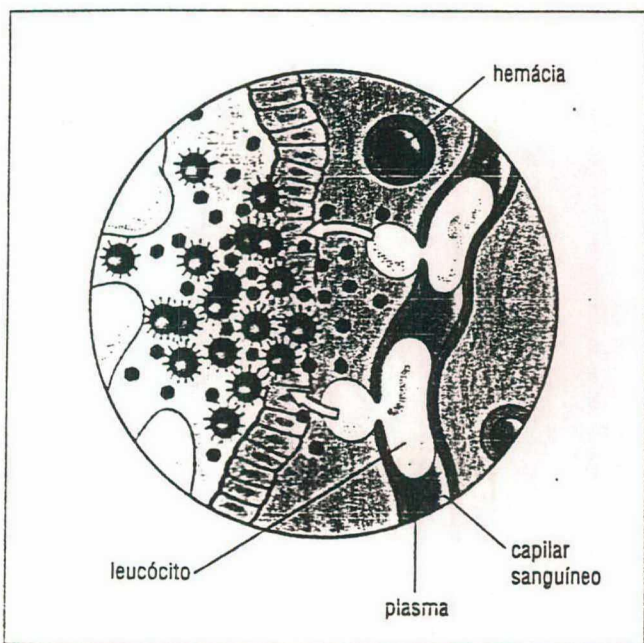
Quando microrganismos conseguem superar essa linha de defesa, eles penetram no corpo e podem se instalar em algum órgão. É quando entra em ação o nosso *sistema imunológico*, também chamado de *sistema imunitário* e *sistema imune*.

O sistema imunológico, responsável pela defesa do organismo, é formado pelo conjunto de glóbulos brancos ou leucócitos e pelos órgãos que produzem essas células.

Leucócitos em ação

Os glóbulos brancos ou leucócitos são produzidos na *medula óssea vermelha* ou em *órgãos linfáticos*, como o baço, o timo, as amígdalas e os gânglios linfáticos.

Há vários tipos de leucócitos em nosso organismo. Os leucócitos presentes no sangue — especialmente os chamados *neutrófilos* — são capazes de sair da corrente sanguínea. Emitindo prolongamentos através de poros das paredes dos capilares e deslocando todo o conteúdo celular por esses prolongamentos, os leucócitos conseguem sair do sangue. Esse fenômeno é chamado *diapedese*.



Diapedese é o fenômeno da passagem de leucócitos através dos capilares sanguíneos.

Uma vez fora do sangue, os leucócitos deslocam-se pelos tecidos vizinhos e chegam em grande número ao lugar onde haja uma infecção, como um corte no dedo, por exemplo.

A fagocitose

Os leucócitos têm a capacidade de *fagocitar*, digerir e destruir microrganismos invasores.

Você já estudou a fagocitose no capítulo 6. Vale lembrar que, por esse processo, os leucócitos emitem expansões que envolvem e englobam os organismos invasores. Então, os lisossomos liberam enzimas digestivas, que destroem o microrganismo englobado.

Quando você corta um dedo, por exemplo, são principalmente os neutrófilos que se dirigem até o local do ferimento, fagocitando bactérias. Mas muitos deles morrem juntamente com as bactérias. O conjunto dos glóbulos brancos e das bactérias mortas — além de células mortas do tecido lesado — forma o *pus*, que aparece nas feridas.

Uma porção de pus é amostra de uma "batalha": células danificadas do tecido atingido, leucócitos mortos e organismos invasores destruídos.

A luta contra uma infecção geralmente é localizada, consistindo em dor e inchaço na área afetada. Quando essa luta não vai bem, então surge uma resposta mais generalizada do corpo: a febre e o aumento do número de glóbulos brancos no sangue.

A produção de anticorpos

Os organismos invasores produzem proteínas estranhas ao nosso corpo. Tais substâncias são denominadas *antígenos*.

Nós produzimos, nos órgãos linfóides, um tipo de leucócito chamado de *linfócito*. São os linfócitos que produzem proteínas especiais, capazes de neutralizar a ação tóxica dos antígenos; essas proteínas especiais são chamadas de *anticorpos*.

Quando a linfa passa pelos órgãos linfóides, ela é filtrada e "purificada". Caso ela contenha microrganismos, estes serão destruídos pelos linfócitos produzidos nesses órgãos.

A íngua é uma espécie de caroço que pode aparecer nas axilas, nas virilhas ou no pescoço, quando há uma infecção em suas proximidades. A íngua é, na verdade, um gânglio linfático inflamado e inchado; ela representa uma reação do sistema imunológico a organismos estranhos.

Alguns linfócitos atuam como “células de memória”. Assim, mesmo depois que uma doença foi curada, estas células são capazes de voltar a produzir anticorpos, caso o organismo seja outra vez infectado. É como se os linfócitos se “lembrassem” dos organismos invasores que já atacaram. Por isso, se você já teve sarampo uma vez, não deverá ter nunca mais; o mesmo ocorre com outras doenças como caxumba, catapora, etc.

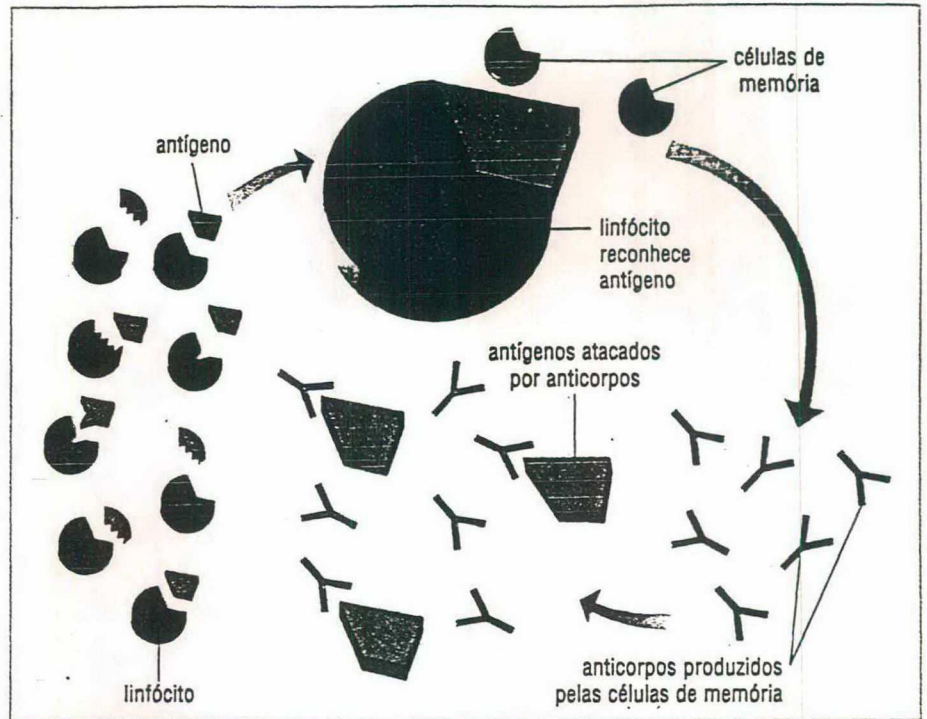
Quando uma pessoa é infectada pelo vírus da catapora, por exemplo, seu sistema imunológico entra em ação e produz anticorpos contra aquele vírus. A partir de então, a pessoa fica *imune* à catapora. Ou seja, toda vez que ela entrar em contato com esses vírus (que passaram a ser seus antígenos), os anticorpos os destruirão, impedindo que provoquem a doença. Com o tempo, vamos adquirindo *imunidade* a um número cada vez maior de doenças.

Pelo que vimos, você pode concluir que os *leucócitos* ou *glóbulos brancos* participam da defesa do nosso organismo, *fagocitando microrganismos* ou *produzindo anticorpos* que combatem os *antígenos*.

Podemos nos defender de organismos invasores também através de remédios (agentes químicos). Os antibióticos, por exemplo, são eficazes no combate a bactérias.

Contudo, ao longo dos anos, bactérias naturalmente resistentes vêm sendo cada vez mais selecionadas por esses agentes químicos. Ou seja, para elas os antibióticos deixam de ser eficazes. Os antibióticos só devem ser tomados sob orientação médica, nas doses e nos períodos indicados. Caso contrário, podem não fazer efeito ou até prejudicar nossa saúde. Já os vírus não podem ser destruídos por antibióticos.

O nosso corpo é que deve produzir anticorpos específicos para combatê-los.



Esquema mostrando a ação anticorpo-antígeno. Perceba que cada anticorpo ataca apenas um tipo de antígeno.

AIDS, uma deficiência do sistema imunológico

Vamos recordar algumas informações que você já teve no capítulo 4 sobre a AIDS, que atinge exatamente o sistema imunológico.

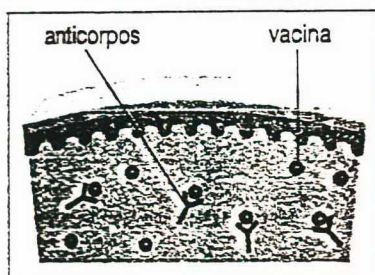
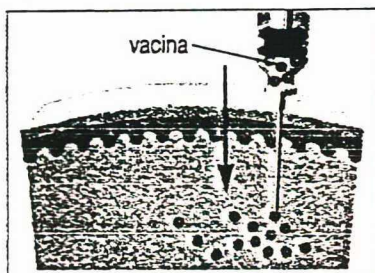
A AIDS — como é conhecida a síndrome da imunodeficiência adquirida — é causada pelo vírus HIV. Ele ataca certos tipos de linfócitos, destruindo-os. Assim, o sistema imunológico vai perdendo sua eficácia. Conseqüentemente, a pessoa com AIDS se torna cada vez mais sensível a vários tipos de infecções e acaba morrendo.

As vacinas

As vacinas são medicamentos constituídos por microrganismos mortos ou atenuados ou, ainda, por toxinas inativadas que esses microrganismos produzem.

Assim, as vacinas contêm *antígenos* incapazes de provocar a doença, mas capazes de induzir o nosso organismo a produzir *anticorpos*. Dessa forma, quando o indivíduo entra em contato com esses microrganismos, o seu organismo já terá anticorpos suficientes para defendê-lo.

É importante que todas as crianças sejam vacinadas, segundo recomendações médicas. Nos postos de saúde, são aplicadas vacinas contra muitas doenças (tuberculose, tétano, difteria, coqueluche, sarampo, paralisia infantil). É necessário que os pais levem seus filhos para tomarem as vacinas na época certa. Quando tomadas adequadamente, as vacinas imunizam a pessoa contra as doenças às quais se destinam.



As vacinas induzem o nosso corpo a fabricar anticorpos específicos contra determinado microrganismo parasita.



Não confunda vacina com soro.

As vacinas contêm antígenos e induzem o nosso organismo a produzir anticorpos. Os soros já contêm os anticorpos. Exemplo: soro antiofídico, usado nos casos de picada de cobras peçonhentas. As vacinas, graças às "células de memória", podem garantir uma imunidade duradoura; os soros curam a doença, proporcionando uma proteção rápida, mas apenas temporária.



Criança recebendo a vacina Sabin, contra a poliomielite. A poliomielite ou paralisia infantil é uma doença altamente contagiosa. Ela afeta o sistema nervoso central, provocando paralisias musculares, geralmente dos membros inferiores. Através da vacinação correta, a poliomielite pode ser evitada. No Brasil, graças a vacinações em massa, a poliomielite está praticamente erradicada.

QUESTÕES PARA AVALIAR O APRENDIZADO

Ultrapassando as paredes dos capilares sanguíneos

1 Que componente do sangue sai dos capilares sanguíneos para ocupar os espaços existentes entre as células do corpo?

2 O que as células recebem desse componente extravasado dos capilares sanguíneos?

A linfa

3 O que é linfa?

4 Quais os tipos de vasos que coletam a linfa? Até onde a linfa é levada?

O sistema linfático

5 De que é constituído o sistema linfático?

6 Ao contrário do sangue, que é bombeado pelo coração, a linfa não é bombeada. Como então ela circula no interior dos vasos linfáticos?

O nosso corpo se defende

7 Cite alguns recursos do nosso corpo que constituem a primeira barreira de defesa contra microrganismos nocivos.

8 Como os glóbulos brancos podem sair da corrente sanguínea? Como se chama esse fenômeno?

9 O que é o pus que se forma nas feridas?

10 O que são antígenos?

11 O que são anticorpos?