

SECRETARIA MUNICIPAL DE EDUCAÇÃO DE SÃO PAULO

Coleção Componentes Curriculares em Diálogos
Interdisciplinares a Caminho da Autoria

Direitos de Aprendizagem dos Ciclos Interdisciplinar e Autoral

CIÊNCIAS NATURAIS



**PREFEITURA DE
SÃO PAULO**
EDUCAÇÃO

Prefeitura da Cidade de São Paulo

Fernando Haddad

Prefeito

Secretaria Municipal de Educação

Nadia Campeão

Secretária

Fatima Aparecida Antonio

Secretária Adjunta

Marcos Rogério de Souza

Chefe de Gabinete

Coordenadoria Pedagógica

Ana Lúcia Sanches

Coordenadora

DIEFEM

Marcia Cordeiro Moreira

Diretora

DIEFEM

Carlos Eduardo dos Santos

Conceição Letícia Pizzo Santos

Edson Dos Santos Junior

Fernando Jorge Barrios

Hugo Luiz de Menezes Montenegro

Jandira de Oliveira Costa

Leila Aparecida Anselmo de Lima

Luiz Fernando Costa de Lourdes

Marcos Ferreira da Fonseca

Maria Alice Machado da Silveira

Marisa Aparecida Romeiro Noronha

Nilza Isaac de Macedo

Revisão Final

Ana Lúcia Sanches

Daniela da Costa Neves

Fernando José de Almeida

Maria das Mercês Ferreira Sampaio

Maria Helena Bertolini Bezerra

Maria Selma de Moraes Rocha

Simone Alves Costa

SECRETARIA MUNICIPAL DE EDUCAÇÃO
COORDENADORIA PEDAGÓGICA
DIVISÃO DE ENSINO FUNDAMENTAL E MÉDIO

Direitos de Aprendizagem
dos Ciclos Interdisciplinar e Autoral
CIÊNCIAS NATURAIS

Coleção Componentes Curriculares em Diálogos
Interdisciplinares a Caminho da Autoria

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

São Paulo (SP). Secretaria Municipal de Educação. Coordenadoria Pedagógica. Divisão de Ensino Fundamental e Médio.

Direitos de aprendizagem dos ciclos interdisciplinar e autoral : Ciências Naturais. – São Paulo : SME / COPED, 2016. – (Coleção Componentes Curriculares em Diálogos Interdisciplinares a Caminho da Autoria)

79p. : il.

ISBN 978-85-8379-016-7 (Coleção)

ISBN 978-85-8379-023-5

Bibliografia

1. Ensino Fundamental 2. Interdisciplinaridade 3. Ciências I. Título

CDD 372

EDUCADORAS E EDUCADORES,

O documento do Componente Curricular Ciências Naturais, construído por meio do diálogo, escuta sensível, respeitosa e da participação dos Educadores e Educadoras em todo o processo de discussão, elaboração e tessitura do texto, chega até você! Legitimado pelas Vozes da Rede Municipal de Ensino de São Paulo!

Lê-se na primeira parte do documento – *A História do ensino de Ciências no Brasil* um panorama do conhecimento produzido em nossa terra: válido e útil em uma série de contextos, ainda hoje. O texto aponta vários exemplos históricos envolvendo o conhecimento dos povos indígenas e africanos raptados de seu continente de origem. Essa discussão se estende, com dados sobre a ciência e seu ensino no período colonial, no Império, na Primeira República e chega ao século XX, considerando documentos oficiais mais recentes e uma abordagem singular na estruturação do presente documento.

A natureza do Componente Curricular é alvo de reflexão na segunda parte – *A concepção do Componente*, quando se explicita a concepção epistemológica que orientou a edificação deste texto. O conhecimento científico é apresentado como tentativo e conjectural, em sua essência, sujeito a revisões e alterações, opondo-se à ideia de verdade absoluta. O texto explica a importância que a observação e a experimentação ocupam no ensino de ciências, justamente para incentivar a dúvida e a investigação crítica.

O currículo e o Componente, título da terceira parte do documento, tem início com uma reflexão acerca do conhecimento científico na escola e com o ensino e aprendizagem de conceitos científicos. A seguir, são apresentados os direitos de aprendizagem, configurando uma nova arquitetura curricular que se vale da metáfora da árvore, com um tronco temático principal, correspondendo à construção do conhecimento científico, enraizado no contexto histórico, multicultural e social que sustenta o componente curricular Ciências Naturais e se desdobra em direitos a serem garantidos ao longo de todo Ensino Fundamental. Esse tronco sustenta uma copa com três grandes ramos temáticos: Cidadania e Qualidade de Vida; Universo; Sustentabilidade que permitem aprofundamentos ao longo dos Ciclos: Interdisciplinar e Autoral.

Em sua formulação, os Direitos de Aprendizagem ressaltam a relação das Ciências Naturais com o mundo contemporâneo e sugerem conteúdos conceituais a serem desenvolvidos em situações do contexto de cada realidade, detalhando os mais indicados a cada caso.

A última parte do documento denominada Estratégias e Ações traz quatro relatos de práticas desenvolvidas pelos Educadores e Educadoras da Rede Municipal de Ensino, relevantes para sugerir e ilustrar possibilidades de concretizar os direitos apontados, em situações reais de ensino-aprendizagem.

Vale destacar que os relatos evidenciam temas preciosos e amplamente discutidos no Programa Mais Educação São Paulo, como interdisciplinaridade, construção de conhecimento numa perspectiva relacional, (re)significação de tempos e espaços e docência compartilhada, que continuamente estão presentes nas formações e horários de estudo coletivos.

Este documento construído a muitas mãos nos convida a discussões, complementadas e afirmadas na prática de educadores das escolas do Município de São Paulo, e se propõe a provocar reflexões e a constante busca por um ensino que garanta a Qualidade Social da Educação, assegurando assim a aprendizagem de todos os estudantes.

Desejamos que a leitura deste documento lhe traga boas reflexões e excelentes momentos de discussão e debates !

Texto coletivo produzido pelos educadores da Rede Municipal de São Paulo a partir de encontros e debates realizados por DIPED/DRE e DIFEM/SME.

EQUIPES DE DIPED

Servidores das Equipes de DIPED que acompanharam a construção do documento de Direitos de Aprendizagem dos diversos ciclos.

DRE BUTANTÃ

Neide Aparecida Ribeiro de Santana (Diretora), Ana Paula Martins, Ana Carolina dos Santos Martins Leite, Elder Ribeiro Garcia, Emanuel da Conceição Pinheiro Junior, Rosana Rodrigues Silva, André de Freitas Dutra, Marcelo Fernandes.

DRE CAMPO LIMPO

Marilu dos Santos Cardoso (Diretora), Elenita Santana de Almeida, Elenita Santana de Almeida, Juliana Froeder Alves Grilo, Maria Aparecida Costa dos Santos.

DRE CAPELA DO SOCORRO

Ebelsione Pereira de Oliveira Pinto (Diretora), Marisa Rodrigues das Neves Pais, Neide Antonia Pessoa dos Santos, Edmir Bugolin Quiles.

DRE FREGUESIA / BRASILÂNDIA

Cesar Augusto do Nascimento (Diretor), Jessika de Oliveira Queiroz, Eleonora Cordeiro Mattoso, Ana Lucia Budin Cruz, Edmar Silva.

DRE GUAIANASES

José Ivanildo Ferreira dos Santos (Diretor), Marcelo Eduardo Lopes, Rosana Soares Godinho, Marisa Leite da Fonseca Mendes Vaz, Tânia Regina da Silva de Souza, Romeu Guimarães Gusmão, Thaís Blasio Martins.

DRE IPIRANGA

Ilma Lopes de Aquino / Adriana Oliveira Rodrigues Paz (Diretora), Camila dos Anjos Aguiar, Nelsi Maria de Jesus.

DRE ITAQUERA

Mônica Maria Chaves de Souza (Diretora), Cristine de Jesus Moura, Taís Dias da Costa, Dionel da Costa Júnior, Eduardo Gomes de Souza, Michelly Francini Brassaroto do Amaral, Flavio Luiz Costa, Sirlene Barbosa, Michele Aparecida Lopes.

DRE JAÇANÃ/TREMEMBÉ

Edson Azevedo Barboza (Diretor), Claudia Regina Dias Branco, Paula Carneiro Albertin, Roberto Antonio Maciel, Izabel Cristina do Amaral e Silva, Bertin Sandra Regina Soares, Eugênia Regina de Carvalho Rossato, Kleber Willian Alves da Silva.

DRE PENHA

Sidnei Dalmo Rodrigues (Diretor), Carlos Eduardo Fernandes Junior, Deborah Monteiro, Malu Mineo, Robson Leite, Seomara Germano.

DRE PIRITUBA

Ana Maria Cesar Guabiraba (Diretor), Benedito Barnabe, Clóvis Cardoso de Sá, Emilce Rodrigues Gomes Giro, Márcia Duarte Carvalho, Osmarina Aparecida Borges, Rafael Gonçalves Pereira, Sandra Regina Brugnoli Bouças, Saulo Ferreira dos Santos Braghini, Sérgio dos Santos, Sheila Ferreira Costa Coelho, Sylvania Francisca de Jesus.

DRE SANTO AMARO

Cícera Batista da Silva (Diretora), Francilene de Souza Tavares, Olívia Selma Gomes, Tanija Mara Ribeiro de Souza Maria.

DRE SÃO MATEUS

Maria Efigenia Ribeiro Pereira (Diretora), Cristiane Coelho de Souza Garcia, Edneusa Cassia Ribeiro Leite Fernandes, Elaine Aparecida Pereira, Hélio Dauto Santos Brasileiro, Izilda Fátima Spinola de Gois, Maria Bento

da Purificação, Maria de Jesus Campos Sousa, Natália Rodrigues Diniz de Oliveira, Pedro Alves Neto, Ricardo Costi, Silvana Regina Brandão, Vanessa Rossi Americano, Wanusa Rodrigues Ramos.

DRE SÃO MIGUEL

Vera Maria de Souza (Diretora), Adriana Ferreira Daffre, Arnaldo Lopes Siqueira, Eliana Prates da Cruz, Jairo Maurício da Silva, Tânia Soares da Silva.

FORMADORES PARCEIROS

DRE BUTANTÃ

Adriana Dall Onder, Claudia Regina Perazzolo, Marcel Valentino Bozzo, Maria Cristina dos Santos Pereira, Renata Calderon Candido Imamura.

DRE CAMPO LIMPO

Marcos Alexandre Louzada, Arthur Henrique de Oliveira, Manuel Gomes Neto, Ursula Aparecida Paiva.

DRE CAPELA DO SOCORRO

Edmir Bugolin Quiles, Eduardo Murakami Silva, Fagner Silva Barbosa de Abreu.

DRE GUAIANASES

Bianca Freire dos Santos, Andréia Viçoso da Silva, Juliana de Medeiros, Marco Antônio de Carvalho.

DRE IPIRANGA

Cristina Maciel Itoda

DRE ITAQUERA

Eliete Prado, Flávia Ribeiro Cruz, Gilmar Viana dos Santos, Michele Aparecida Alves Lopes, Michelly Francini Brassaroto do Amaral, Roger Toledo de Amorim.

DRE JAÇANÃ/TREMEMBÉ

Daniela Harumi Hikawa, Guaíra Veiga Antoniassi Pilão, Heloísa Maria de M. Giannichi, Talita Vieira Zampieri Mikola.

DRE PENHA

Seomara Germano

DRE PIRITUBA

Rafael Gonçalves Pereira, Edson Manoel dos Santos, Elder de Lima Magalhães, Fernando José Ribeiro dos Santos, João Luis de Abreu Ivieira, Lucimara da Silva Camargo, Marcia Aparecida Guimarães Cardoso, Tania Regina Meneghette de Souza.

DRE SANTO AMARO

Cristiani Simões Tavalara, José Luis Feijo Nunes, Thioni Carretti de Siervi.

DRE SÃO MATEUS

Iara Sobrinho Frederico, Michele Fernandes Garcia.

DRE SÃO MIGUEL PAULISTA

Almir Cireli Caputo, Ana das Graças Alves Rocha, Sonia Amélia de Paula Nóbrega, Jairo Maurício da Silva.

ASSESSORES DO COMPONENTE CIÊNCIAS NATURAIS

Hamilton Haddad Junior, Nélio Marco Vincenzo Bizzo.

SUMÁRIO

1. A HISTÓRIA DO ENSINO DE CIÊNCIAS NO BRASIL	7
1.1 A “Ciência” colonial portuguesa	8
1.2 A Ciência na metrópole e na colônia	14
1.3 Conhecimentos locais e a produção em larga escala	18
1.4 A Ciência na Educação Básica	21
1.5 Projetos curriculares de Ciências e a realidade brasileira	24
1.6 O Componente Curricular nas últimas décadas.....;	26
2. CONCEPÇÃO DO COMPONENTE	31
2.1 A natureza da Ciência	31
2.1.1 O conhecimento científico é tentativo e conjectural	33
2.1.2 O conhecimento científico é, em larga medida, de natureza empírica	33
2.1.3 Os fatos científicos e a impregnação teórica das observações	34
2.1.4 Observações e interferências: leis, teorias e explicações científicas	36
2.1.5 O método científico	37
2.1.6 A construção histórica e social do conhecimento científico	37
3. O CURRÍCULO E O COMPONENTE	41
3.1 O conhecimento científico na escola	41
3.2 Tipos de conceitos científicos	43
3.2.1 Conceitos Formais	44
3.2.2 Conceitos Categoriais	44
3.2.3 Conceitos Operacionais	44
3.3 Ensino-aprendizagem de Conceitos Científicos	45
4. DIREITOS DE APRENDIZAGEM	51
4.1 Tronco temático “construção do conhecimento científico”	53
4.2 Ramo temático “cidadania e qualidade de vida”	54
4.3 Ramo temático “sustentabilidade”	55
4.4 Ramo temático “universo”	56
5. ESTRATÉGIAS E AÇÕES	59
5.1 Relatos de práticas e experiências do componente Ciências Naturais.....	60
5.1.1 Mobilidade urbana e bicicletário.....	60
5.1.2 Experimento de cromatografia	64
5.1.3 Educação ambiental e inclusão	67
5.1.4 Horta na escola	69
REFERÊNCIAS	75

CIENC

NATUR

A HISTÓRIA DO ENSINO DE CIÊNCIAS NO BRASIL

1

A ideia de colonização, e de construção de um currículo emancipatório que se coloque em sentido oposto a ela, pressupõe uma compreensão profunda de diversos aspectos. Este histórico tem início com um resgate da construção do conhecimento científico no Brasil, mostrando aspectos pouco conhecidos das práticas desenvolvidas por brasileiros, indígenas, escravizados e populações tradicionais, desde antes da chegada dos portugueses. Colonização e cultura são vocábulos que têm origem comum, em latim, no verbo *colo*, que tem o significado de morar, ocupar, trabalhar. Pressupõe, portanto, uma ação sobre algo incompleto, que deve ser modificado no sentido de edificar e produzir algo novo. *Cultus* se refere ao que foi trabalhado sobre a terra, e de *colo*, *cultum*, deriva o particípio futuro *culturus*, que designa o que se vai trabalhar, o que se quer trabalhar.

O morador (*incola*, em latim) se torna colono (*colonus*, em latim) com o deslocamento, com a ação cotidiana realizada em solo estrangeiro. Assim, entender a dialética da colonização implica reconhecer o que havia antes da ocupação, de modo a desvendar os sentidos profundos da ação realizada. Esse entendimento é essencial para que se compreenda a cultura que se edificou com o trabalho realizado, imprescindível para enraizar no passado a experiência atual de um grupo por meio de mediações simbólicas, como o currículo escolar.

Do ponto de vista formal, colonialismo expressa uma categoria sociológica que define sistemas políticos de dominação, por meio da força ou da superioridade econômica, capazes de dominar institucionalmente um território e seus habitantes a um Estado estrangeiro. É também uma dominação epistemológica, no sentido de exterminar, pela força do poder político-militar, as formas de pensar dos povos do território colonizado, o que tem sido chamado de “epistemicídio” por alguns filósofos europeus.

Emprega-se o termo neocolonialismo para designar a situação de dependência econômica e política de ex-colônias em seu processo de independência das metrópoles, principalmente a partir dos anos 1950, com consequências culturais. É nesse sentido que a dimensão educacional ganha relevância e abre-se a perspectiva da descolonização em diversos níveis, como o cultural e educacional.

Procuramos, a seguir, tratar dos primeiros registros da prática de ciência e tecnologia em nosso país, a partir do período colonial, para de-

pois tratar da edificação de uma disciplina escolar ligada às ciências. A intenção desse histórico é mostrar como a geração de conhecimento esteve presente em nosso país desde o passado remoto, e que o europeu tirou proveito desse acúmulo de conhecimento, inclusive com finalidades econômicas.

Veremos como os conhecimentos indígenas, bem como os dos povos africanos, estiveram na base de tais práticas pioneiras e como foram incorporados pelos colonizadores europeus ao longo do contato entre as três culturas.

”

O ensino da ciência em nossa escola tem sido, em certo sentido, não apenas uma aculturação, mas também uma colonização. Como disse Glen Aikenhead: “A aculturação não é um problema só para uma pequena minoria de estudantes, cujas visões de mundo concordam com a visão científica do mundo mais frequentemente utilizada na ciência escolar (...). Mas, para a vasta maioria dos estudantes, a aculturação da ciência Ocidental é, em verdade, sentida como assimilação de uma cultura estrangeira (...), [como consequência] eles tendem a se alienar (...) em assuntos comunitários relacionados com a ciência e com a tecnologia” (...) (AIKENHEAD, 2009, p. 148-9)

1.1 A “Ciência” colonial portuguesa

O Brasil tem um histórico de ocupação e colonização ligado ao domínio europeu, com consequências particularmente marcadas pela expansão napoleônica do início do século XIX. A tradição colonial tem ponto de inflexão importante com a transferência do governo português para o Brasil, provocando profundas modificações em diferentes esferas, incluindo as atividades relacionadas ao uso da terra, produção e consumo de alimentos e mercadorias, envolvendo o domínio de novas tecnologias por meio das Ciências da Natureza.

É muito difundida a ideia de que o Brasil tenha sido objeto apenas de exploração mineral durante a maior parte do tempo anterior à vinda da Família Real. A importância econômica da utilização do pau-brasil (espécie arbórea denominada pelos indígenas de “ibirapitanga”), restringe-se ao início do período colonial, já que os estoques florestais disponíveis na Mata Atlântica foram rapidamente exauridos, tornando necessária a busca de alternativas de exploração comercial.

A população dos primeiros habitantes da futura nação tem sido objeto de diversas discussões que buscam estimar sua distribuição, não havendo consenso sobre a densidade demográfica do século XVI. No entanto, acredita-se que ela era maior na região das várzeas amazônicas, significativamente menor na faixa litorânea intertropical, e relativamente baixa nas demais regiões, como as terras firmes amazônicas, as áreas de cerrado e o interior do Nordeste.

Os primeiros viajantes europeus fizeram relatos deslumbrados dos habitantes da terra e do uso que faziam dos recursos de que dispunham. O destaque das plantas é evidente, a começar pelo pau-brasil, de onde os indígenas extraíam tinta vermelha, muito cobiçada pelos europeus daquela época. O navio Lemos, da esquadra de Cabral, retornou a Portugal com a carta de Caminha junto a algumas dezenas de troncos dessa nova árvore. As fibras utilizadas nos tecidos tinham coloração pouco viva, entre o marrom e o amarelo pálido, o que fazia da cor das vestimentas indicador seguro da posição social dos cidadãos. O vermelho era a cor dos nobres, do alto clero e dos monarcas.

É interessante que o nome indígena dessa planta (“ibirapitanga” = árvore vermelha) é, em si, revelador de uma tecnologia própria, pois ao primeiro corte o cerne do tronco revela uma cor amarelo-dourado, não sendo, portanto, autoevidente que possa fornecer um pigmento vermelho. A exposição ao ar faz o lenho tomar lentamente cor de brasa, e, mergulhado em água, a tingem de violeta-avermelhado. O nome “pau-brasil”, no entanto, foi atribuído à árvore (depois descrita como *Caesalpinia echinata* por Lamarck) por analogia, pois já se conhecia uma espécie asiática muito parecida, inclusive com flores da mesma cor amarela (*Caesalpinia sappan*, descrita por Lineu), que começava a ser utilizada com essa finalidade, e que já era chamada pelos portugueses de “pau-brasil”, por sua semelhança em produzir a cor das brasas.

A colonização espanhola explorava povos americanos que dominavam a fundição do ouro, o que a tornava extremamente lucrativa. A expectativa de desenvolver modelo semelhante entre nós se frustrou, uma vez que o domínio das técnicas de fundição de metais não era compartilhado pelos povos aqui encontrados pelos colonizadores portugueses.

”

O pau brasil faz parte de um grande grupo botânico (a subfamília Caesalpinioideae, com mais de 150 gêneros e 2.500 espécies) com muitos representantes em nossa flora, o que exigiria grande conhecimento botânico para localizar a espécie em meio à Mata Atlântica. Escreveu Warren Dean: “Existe pouco registro de como foi praticado o comércio de pau-brasil, mas é evidente que a extração desse produto, como todos os demais com que os portugueses lidaram, teve origem no conhecimento que os nativos tinham da floresta. Certamente, os portugueses não tinham a menor ideia de onde as árvores se encontravam ou como identificá-las. Assim, os comerciantes deixavam feitores na costa para trocarem mercadorias pela madeira.” (DEAN, 2000, p. 63)

Os conhecimentos locais sobre a natureza foram a base da exploração colonial portuguesa, que investia muito mais recursos nas colônias do Oriente, de onde a Coroa havia proibido a exploração do mesmo tipo de árvore, justamente para garantir privilégios aos comerciantes que exploravam as terras americanas. Todavia, o monopólio foi logo rompido por negociantes de outras nacionalidades, sobretudo franceses, que implantaram pontos comerciais clandestinos ao longo da costa brasileira. Com isso, diversificavam a exploração local, havendo registro de um navio francês ter levado junto à carga de pau-brasil, 5,5 toneladas de algodão, “outro indicador da escala e produtividade da agricultura tupi”.

O aumento da comunicação com os habitantes locais ampliou o conhecimento da leitura que era por eles feita da natureza tropical, inteiramente desconhecida dos europeus. Assim, logo se revelou um profundo e diversificado conhecimento da flora local, com um sem número de remédios, que eram produzidos segundo tradições e conhecimentos locais. Claro que os novos saberes nada deviam às teorias de Galeno e Hipócrates, das quais a tradição europeia era legatária. No Renascimento persistia grande interesse pelas plantas medicinais, e novos métodos orientavam sua pesquisa, sobretudo o chamado “método dos sinais”, influenciado pela crença de que tudo o que existe na natureza teria sido criado com alguma finalidade, atendendo certa necessidade (finalismo aristotélico). Se uma planta possuísse folhas com a forma de um coração idealizado, certamente teria sido criada com a intenção de remediar seus males; se tivesse a cor da bile, isso seria um indicativo de sua atividade hepática, e assim por diante.

Além da apropriação de espécies vegetais, outro hábito europeu, que se firmou principalmente no período das grandes navegações, foi a caça

e o costume de manter animais selvagens como mascotes, que logo se tornaram objeto de desejo nas cortes e nas residências de famílias abastadas. Os portugueses tinham especial fascínio pelos papagaios, compartilhando o hábito dos indígenas que aqui encontraram, os quais cuidavam das aves e realizavam trocas em função da coloração de suas penas, que serviam de ornamento em ocasiões rituais. Não raro, trocavam prisioneiros por aves, o que deve ser levado em conta para compreender o valor que conferiam aos papagaios. Arriscavam a vida em guerras intertribais e ganhavam poder de vida e morte sobre seus prisioneiros, mas poderiam abdicar do prestígio que o sacrifício de suas vidas lhes traria na hierarquia social em troca de uma ave mais colorida. É possível que as primeiras extinções tenham ocorrido como fruto desse hábito, que aproximava europeus e tupis.

Ao lado da exploração de pau-brasil, a Coroa Portuguesa empreendeu significativo esforço para se apropriar de farmacopeias de seus domínios coloniais, tendo como base o conhecimento local. O interesse comercial ocidental era incompatível com o sistema de cura do oriente, em especial com o praticado na Índia, no qual o conhecimento popular sobre plantas medicinais é tido como um bem local comunitário. Além dele, há sistemas especializados, como o sistema ayurvédico, no qual os médicos nativos (“Charaka Samhita”) devem buscar informações sobre plantas medicinais junto a pastores, *tapasvis*, povos da floresta e jardineiros. Conhecimentos tradicionais e médicos especializados se sustentam mutuamente, sendo que estes últimos não praticam um monopólio comercial sobre a atividade de cura, mas aquilo que na Índia se denomina “gyan daan – a dádiva do saber.”

FINALISMO ARISTOTÉLICO

Aristóteles considerava que a presença de uma determinada forma na matéria fosse devida a uma causa mecânica imediata (que ele denominou “causa eficiente”), mas que obedece a uma finalidade última presente no seio da natureza. Em grego, o termo *télos* significa fim, finalidade, pleno desenvolvimento. Logo, a palavra teleologia – a saber, o “estudo dos fins” – relaciona-se a abordagens que buscam a presença de metas, fins ou objetivos últimos guiando a natureza e a humanidade, considerando a finalidade como princípio explicativo fundamental na organização e nas transformações de todos os seres. Ao estudar uma parte de um animal ou planta – um órgão, por exemplo – o pensador aristotélico procura explicar “em vista de que” aquele órgão existe, ou seja, qual sua finalidade, qual a sua função. Aristóteles usa como exemplo o fato de que, quando analisamos o trabalho de um carpinteiro, não estamos interessados na força e no ângulo com o qual ele desfere seus golpes na madeira (causa eficiente), mas sim na razão, no objetivo final pelo qual ele está esculpindo. O finalismo aristotélico foi incorporado (e modificado) pelo trabalho de teólogos cristãos, em especial por meio de Alberto Magno e Tomás de Aquino.

”

“Entre os papagaios mencionados pelos cronistas, houve dois misteriosos. O anapuru, o mais raro e mais caro de todos, era descrito pelo cronista Fernando Cardim como 'muito grande' e 'formosíssimo', as penas exibiam 'quase todas as cores em grande perfeição, a saber, vermelho, amarelo, preto, azul, pardo, cor de rosmarinho, e de todas estas cores tem o corpo salpicado e espargido'. (...) Um outro, o arara-una, ou papagaio preto, foi descrito por todos os cronistas, desde Cardim, até todo o século XVIII, como realmente um pássaro (sic) preto. Daí em diante, depois de Lineu equivocadamente empregar o termo específico araraúna para o canindé, que é inconfundivelmente azul, o nome passou a ser comumente empregado para aquele ou outros papagaios azuis. Seriam esses pássaros (sic), agora não identificáveis, as primeiras extinções provocadas na Mata Atlântica pela invasão europeia?” (DEAN, 2000, p. 67).

A apropriação do saber popular com finalidades comerciais tem sido praticada por cinco séculos pelos europeus no Oriente, com denúncias de práticas de “biopirataria”. O patenteamento de substâncias naturais, como as extraídas do nim, uma árvore nativa da Índia (*Azadirachta indica*), se valeu do conhecimento milenar dos povos nativos sobre as propriedades farmacêuticas dessa planta. Ela é utilizada há séculos, por exemplo, como escova de dentes, por suas propriedades bactericidas. Durante muito tempo, essa prática foi considerada “primitiva” pelos colonizadores britânicos e portugueses, mas a recente valorização das práticas ditas “naturais”, como oposição ao uso de substâncias químicas sintéticas, trouxe um repentino interesse por seu uso. Desde 1985, empresas norte-americanas e japonesas obti-

veram mais de doze patentes de emulsões à base de nim.

Os jesuítas destacaram-se como observadores da natureza entre nós, registraram usos e costumes locais, descrevendo flora e fauna, designadas como “exóticas”. E foi justamente José de Anchieta quem fez o que talvez seja a primeira descrição de interesse medicinal da flora brasileira, ao tratar do uso que os nativos faziam do óleo de copaíba. Disse ter perfume forte, mas “suavíssimo”, extraído da árvore a partir de perfurações realizadas por “carunchos”, ou mesmo por machado, utilizado para “curar feridas” em pouco tempo sem deixar “sinal de cicatrizes”. Nos séculos XVIII e XIX, o comércio de bálsamo de copaíba foi intenso, vez que havia grande demanda na Europa. O próprio naturalista inglês Alfred Wallace, que passou diversos anos no Brasil, viajou de volta a seu país em uma embarcação que carregava grande carga desse produto, o que explica a intensidade do incêndio que tomou o navio, e que quase custou a vida de todos os seus ocupantes em julho de 1852.

De maneira mais ou menos assistemática, mas sempre à custa dos conhecimentos dos ameríndios, foi sendo escrita uma “história das plantas que curam” no Brasil, até fins do século XVIII, quando já existia um comércio estabelecido de boticários e farmacêuticos, inclusive à margem do controle da Coroa Portuguesa.

Assim, o contato com os conhecimentos dos primeiros povos da nação foi muito grande até o século XVIII, o que intensificou o declínio das populações indígenas. Seja por extermínio direto e criminoso, seja por epidemias incentivadas pelos aldeamentos promovidos por missões religiosas. Gripe, pneumonia, varíola e, mais recentemente, tuberculose, foram agentes de grande mortalidade. Os conflitos que levaram ao declínio das populações nativas nem sempre foram muito evidentes, pois os alimentos de origem agrícola são normalmente pobres em proteínas de valor nutricional e ricos em amido. Assim, como a pesca e a caça eram diminuídas com a retração de seu território original, as populações indígenas, que não consumiam leite e ovos de aves, passaram a sofrer mudanças em sua dieta que podem ter contribuído para diminuir a resposta imune a doenças.

Embora muitos viajantes tenham feito descrições pormenorizadas dos rituais de cura indígenas durante os séculos XVI e XVII, atestando muitas vezes sua eficácia, os colonizadores certamente não reconheciam nas práticas dos pajés a tradição médica europeia. É interessante que os colonizadores espanhóis não encontraram situação análoga, vez que a arte médica indígena dos astecas surpreendentemente pouco diferia da doutrina humoral de Galeno, em voga na Europa à época.

A situação dos hispânicos contrastava com a dos portugueses, pois do México à Amazônia pré-andina, encontraram povos com práticas médicas muito semelhantes às praticadas no reino, conhecendo inclusive plantas de aplicação exclusiva, indicadas para moléstias determinadas. Entre elas destaca-se a quina, preparada a partir de cascas de árvore, que os indígenas quéchua receitavam para as febres de repetição características da malária, doença que assolava vastas regiões, inclusive na Europa. Trata-se de uma descoberta indígena que tem aplicação médica até os dias atuais, cuja trajetória é indicativa das práticas coloniais e neocoloniais que presenciamos até hoje.

O genocídio, a aniquilação cultural e o epistemicídio dos povos indígenas do território brasileiro não são destacados no contexto educacional e merecem reflexão na discussão curricular, na perspectiva da descolonização epistêmica e valorização do pluralismo cultural. Como diz o texto, por vezes esse genocídio foi explícito, tendo sido planejado, executado e até mesmo é exortado em nomes de localidades ou eventos cívicos, até os dias de hoje. Mas, muitas vezes, as populações indígenas foram deslocadas e confiadas em ambientes estranhos, modificando seu padrão de vida, com consequente deterioração de suas condições de sobrevivência, o que não deixa de ser parte de uma política de aniquilamento, físico e cultural, concreto e simbólico.

1.2 A Ciência na metrópole e na colônia

As reformas pombalinas são emblemáticas de uma mudança profunda, não apenas da relação do governo português com a Igreja – particularmente com a Companhia de Jesus –, mas de um importante movimento de modernização, que incluiu a revisão do estatuto das ciências em Portugal.

Reflexo dos novos ares, o Marquês de Pombal trouxe da Itália Domenico Agostino Vandelli (1735-1816), que acabou por se radicar na Universidade de Coimbra, a qual passou por intensa reforma em 1772, com reflexos em diversas áreas, inclusive no Brasil. Vandelli veio da Universidade de Pádua, encarregado de trabalhar nas reformas educacionais e nas políticas de modernização que se seguiram à expulsão dos jesuítas de Portugal.

Vandelli mantinha contato estreito com Carlos Lineu e a Real Academia de Ciências da Suécia e trabalhou ativamente no planejamento de

viagens científicas ao Brasil, colocando a História Natural na ordem do dia do governo português. Assim, foram criados jardins botânicos, como o da Ajuda (1768) e o da Universidade de Coimbra (1773), bem como uma Academia Real de Ciências, em Lisboa (1779). Foi ele quem planejou a primeira “viagem filosófica” ao Brasil, encabeçada por seu aluno, o baiano Alexandre Rodrigues Ferreira, que estudara em Coimbra. Ele aportou no Brasil em 1783 para empreender uma viagem filosófica por oito anos – mais longa até do que as mais famosas que a sucederam, como a de Humbolt e Bonpland (1799-1803), de Spix e Martius (1817-1820) e de Agassiz (1865-1866).

A expedição de Alexandre Rodrigues Ferreira percorreu a Amazônia, chegando até Cuiabá e

Em 1772, já haviam sido publicadas diversas farmacopeias em Portugal, fruto desse intercâmbio, como a de Rodrigues Coelho, considerada a melhor e mais completa, a de Jacob de Castro Sarmiento, que se transferira para Londres devido à perseguição da Inquisição, levando com sua obra, técnicas de preparação mantidas em segredo, como a preparação da ipecacuanha indígena. A farmacopeia de Antonio Rodrigues Portugal (1738-1788), médico cirurgião do Porto, elenca diversas formulações feitas com plantas brasileiras, que já estariam em uso em diversos centros europeus, e a *Farmacopéia dogmática, médico-química e teórico-prática*, elaborada pelo frei-boticário João de Jesus Maria (1716-1795), publicada em 1772.

Essas obras foram compiladas e oficializadas por alvará promulgado por D. Maria I, com a publicação da *Farmacopéia Geral do Reino* em 1790. O ato tornava obrigatória a presença de um exemplar da publicação em todas as boticas do reino que preparassem e vendessem remédios. Elaborada pela Universidade de Coimbra, essa farmacopeia foi um livro didático para os estudantes de farmácia, pois nenhum médico ou cirurgião poderia receitar qualquer composição que não estivesse nela contida.

retornando a Belém. Coletou e remeteu inúmeros espécimes de animais e plantas a Portugal, mas o material foi vítima da lentidão de processamento e, principalmente, do conturbado ambiente político da Europa à época.

Anos antes, o governo português vira com bons olhos a iniciativa da criação de uma Academia de Ciências e História Natural no Rio de Janeiro, cidade que se tornara capital da colônia em 1763. Mantendo ligações com a Real Academia de Ciências da Suécia, fora criada 1772, com os auspícios do Vice-Rei, o segundo Marquês do Lavradio (1729-1790). Junto a ela foi criado o Horto Botânico, de frequência obrigatória aos acadêmicos. Também conhecida como Academia Fluminense Médica, Cirúrgica, Botânica e Farmacêutica, comumente referida como Academia Fluminense, teve existência efêmera, porém importante.

Esse movimento era parte da estratégia de reabilitar as finanças da sede colonial, em franco declínio com o esgotamento das minas, fazendo da rica flora e dos terrenos férteis da costa objetos de uma possível nova pauta de exportações, para além da cana de açúcar, que fora trazida da Índia, mas antes aclimatada nas ilhas do Atlântico, quando os portugueses já utilizaram a mão de obra escrava trazida do continente africano ainda no século XVI.

As primeiras experiências sistemáticas de aclimação de plantas que demonstravam potencial econômico alhures, como o café, foram realizadas na Academia Fluminense. A nascente academia dava mostras de poder contribuir para a criação de alternativas econômicas, mas sua existência foi passageira, sendo fechada com o retorno do Marquês do Lavradio a Portugal em 1779.

A instrução específica na área das ciências provavelmente foi iniciada de maneira pioneira na Academia Fluminense. Portanto, ela deve ter sido o primeiro, mesmo que efêmero, palco de um trabalho sistemático de ensino da nascente ciência moderna, a primeira “escola de homens de ciências” do Brasil. Por seus vínculos e pelos registros que deixou, é quase

A historiografia oficial pouco reconhece a existência da Academia Fluminense de Ciências, tratando-a, quando muito, como uma associação literária. Seu presidente, José Henriques Ferreira, se queixava, em cartas, do pouco reconhecimento da metrópole, e que sem o apoio do Vice-Rei nada teria sido feito. O Marquês do Lavradio se notabilizou pela imposição de férrea legislação no distrito diamantino, com punições severíssimas aos contrabandistas, e pela busca de alternativas econômicas para a Colônia, em especial ligadas à agropecuária. A atual Academia Brasileira de Ciências foi fundada em 1916, sem conexão direta com as entidades anteriormente existentes, e delas não guarda registros.

certo que tenha sido o primeiro lugar em que se ensinou a nomenclatura sistemática lineana, ainda em 1772, quando se iniciava a reforma da Universidade de Coimbra, a única existente nos domínios portugueses.

O trabalho desenvolvido na Academia Fluminense não se limitava, de forma alguma, a experimentos de aclimação de plantas. Existem fontes escritas que dão conta de um esforço articulado com a metrópole no sentido de desenvolver produtos que pudessem competir com os espanhóis e, assim, substituir importações, como parte da estratégia pombalina de reerguer as finanças do estado lusitano. Desse modo, foram relatados experimentos realizados com a cochonilha, inseto que os hispânicos haviam aprendido a cultivar em suas colônias centro-americanas. Como praga de cactáceas, esse inseto produz ácido carmínico, utilizado como corante vermelho, inclusive na indústria alimentícia até hoje.

A possibilidade de reproduzir a cochonilha em grande escala em terras brasileiras com ocorrência de cactáceas foi alvo de relato de José Henriques Ferreira, um dos fundadores da Academia Fluminense. Ele registrou a presença natural do inseto na ilha de Santa Catarina, no Rio de Janeiro e na Bahia, e questionou inclusive a classificação do inseto realizada por Lineu. Os debates sobre o inseto demonstram que o espaço da academia era efetivamente utilizado para estudar, ensinar e aprender ciência no Brasil do século XVIII.

Com o retorno do Marquês do Lavradio a Portugal, a Academia Fluminense se desfez, mas o novo Vice-Rei, D. Luís de Vasconcelos, criou a Sociedade Literária do Rio de Janeiro poucos anos depois, em 1786, e também de curta duração, sendo extinta em 1794. Foi dirigida pelo professor de matemática e poeta mineiro Manoel Inácio da Silva Alvarenga, mantendo reuniões semanais nas quais eram discutidos temas diversos, científicos, matemáticos, mas também sociais e políticos. Sua dissolução, pelo então Vice-Rei, Conde de Resende, ocorreu justamente pelas atividades políticas, que incluíram a discussão da Inconfidência Mineira e a Revolução Francesa, levando seus membros à condenação de dois anos de prisão.

Os tratados de Química do mineiro Vicente Coelho de Seabra Silva Telles (1764-1804) foram impressos com o objetivo de subsidiar a criação de um curso de Química da Sociedade Literária do Rio de Janeiro. A publicação do segundo volume de seu livro “Elementos de Chimica” ocorreu em 1790, mas não há indícios de que o curso tenha sido de fato organizado. De qualquer forma, este foi o primeiro livro didático para o ensino de química produzido em português e Silva Telles o primeiro

autor brasileiro do gênero. Seu outro livro, *Nomenclatura Química Portuguesa, Francesa e Latina*, de 1801, adotou a moderna ciência que negava a teoria do Flogisto, adaptando a nomenclatura de Lavoisier ao português. É graças a essa terminologia essencialmente inorgânica, que usamos hoje termos como sulfato, sulfito e outros semelhantes. Nessa Academia foram relatados experimentos de química atmosférica muito sofisticados, considerados “moderníssimos”, como a medição do teor de oxigênio e gás carbônico do ar atmosférico de nove pontos da Cidade do Rio de Janeiro, a fim de determinar sua salubridade.

Na verdade, o projeto iluminista português, com a renovação da Universidade de Coimbra no bojo das reformas pombalinas, não produziu os efeitos inicialmente esperados e, por consequência, seu malogro se fez sentir também entre nós.

A existência fugaz de uma academia de ciências no Brasil foi mais do que um efeito da arrogância colonial, sobretudo consequência mais profunda do insucesso do projeto político e econômico da própria administração central. As finanças combalidas e a ofensiva napoleônica, as alianças da Casa dos Habsburgo e os conflitos internos em Portugal no período da Restauração explicam, em boa medida, a oscilação das iniciativas que poderiam ter assegurado uma base sólida para o empreendimento científico do projeto da Coroa Portuguesa.

FLOGÍSTICO

A Teoria do Flogisto (ou flogístico) presumia a presença de uma matéria que seria consumida na combustão e liberada ao ar, sendo absorvida pelas plantas. A teoria explicava a perda de massa na combustão, mas não o contrário, como ocorre, por exemplo, com a oxidação de uma liga ferrosa. Lavoisier demonstrou conclusivamente a conservação de massa das reações químicas, sepultando a teoria do flogisto.

”

“...o projeto português não vingou. Não institucionalizou a profissão de naturalista, nem a ciência da colônia sulamericana. Como já se disse, ‘a conquista da terra brasileira não se seguiu ao entardecer do dia 22 de abril’, do mesmo modo se pode afirmar que o desenvolvimento da História Natural em nosso país não se seguiu ao projeto iluminista iniciado pelo Marquês de Pombal (...) transitou-se do ideal mercantilista ao fisiocrata; entre governantes e naturalistas, transitou-se do mais puro pragmatismo, ao desejo de fazer desenvolver uma ciência menos comprometida com a esfera político-econômica; transitou-se, da intenção exploratória, que pouco se interessava pela divulgação de conhecimentos, ao trabalho de investigação que só encontrava seu propósito no diálogo com os pares.” (PRESTES, 2000, p. 141).

A insegurança e a falta de estabilidade estavam na base das iniciativas que distribuíam privilégios e impunham segredo às descobertas. Assim, eram mantidas alianças que atendiam os interesses de governantes, um público relativamente restrito de sábios, de pessoas cultas e de grandes comerciantes.

1.3 Conhecimentos locais e a produção em larga escala

Os conhecimentos dos povos indígenas com relação ao uso de plantas, seja para a cura de doenças, envenenamentos ou mesmo para fins alimentícios, foram alvos de pesquisas, como vimos, relativamente sistemáticas durante quase três séculos no Brasil.

Os conhecimentos da mão de obra escrava provenientes do continente africano também contribuíram não apenas para a dimensão cultural da nação brasileira, mas também na dimensão tecnológica, e não apenas ligada à agricultura. As espécies trazidas da África e incorporadas à culinária, como dendê, quiabo e tantas outras, demandavam conhecimentos específicos, certamente incorporados pela agricultura local. Os povos escravizados, do grupo linguístico Bantu, provinham de culturas que dominavam técnicas de fundição de ferro, havendo indícios de sua aplicação no Brasil. Eles eram conhecidos como “o povo que detinha o segredo da metalurgia” Os produtos europeus eram caros e pouco disponíveis, o que indica que deveria haver incentivo à produção local, mesmo se em pequena escala, de produtos metalúrgicos.

O avanço tecnológico das culturas africanas, em relação às dos indígenas brasileiros, em especial o domínio da metalurgia e criação de gado, eram fatores que certamente foram levados em consideração no planejamento da economia escravocrata. A produtividade do escravo africano era muito superior à do indígena, o que explica o fato de terem ingressado no país, entre 1550 e 1855, cerca de 4 milhões de pessoas, na maioria jovens do sexo masculino.

Ao redor do século XIX, com o claro declínio da exploração mineral do país, a alternativa da produção agropecuária se apresentava como cada vez mais relevante. No ramo das boticas, as formulações das farmacopeias publicadas pretendiam padronizar a administração de remédios. Contu-

do, a busca de produção de remédios em escala industrial levou a diversas iniciativas que demandavam regulação do governo de um lado e, de outro, segredo nas formulações. Assim, nascia a indústria farmacêutica moderna, com seus “medicamentos de segredo”.

Uma das primeiras formulações desse tipo foi a preparação antimalárica de casca de quina. Como dito, a doença afligia grandes extensões da Europa e tinha grande interesse militar. A preparação, originalmente trazida à Europa pelos colonizadores espanhóis, havia sido manipulada no início do século XVII por Fernando Mendes, médico da Corte Inglesa, e era comercializada com o nome de “Água de Inglaterra”, indicada nas “febres intermitentes, terças, quartãs, sezões ou maleitas”.

A preparação, aprendida com os indígenas do Peru, passara a ser muito valorizada depois da suposta cura do monarca francês Luís XIV e, posteriormente, de Carlos II da Inglaterra. Em Portugal, o remédio talvez tenha sido comprado pelo rei de Portugal em 1697, pois sofria de febres desde muito jovem. Sabe-se, de toda forma, que a “Água de Inglaterra” chegou ao Brasil em 1802, e havia diversos produtores, boticários do Reino, como André Lopes de Castro e João Antonio Pereira e Sousa, que forneciam o medicamento para a Armada Real, seguindo o decreto de 1799 do Príncipe Regente. No Brasil, ganhara licença para sua produção José Francisco Borralho, boticário

”

A Guerra do Paraguai tinha agravado a dependência brasileira dos impérios europeus e de sua pujante ciência, que abastecia os exércitos com tecnologias cada vez mais eficientes para cumprir seus tenebrosos objetivos. A curiosidade dos primeiros colonizadores pelos saberes locais sofreu, ao longo do Império, uma inversão vertiginosa, como diz Warren Dean: **“Apenas o conhecimento europeu era válido, não só aos olhos dos europeus autoconfiantes mas também aos dos cientistas brasileiros ainda psiquicamente colonizados, empenhados em obter um apoio sólido no seio das classes privilegiadas do Império. Fica-se a perguntar se perderam mais do que ganharam – ou às vezes, se causaram mais danos do que benefícios. Considere-se, por exemplo, o farmacêutico francês Alexandre Brethel, que, em 1862 se estabeleceu na vila fronteiriça da Carangola, Minas Gerais: as inúmeras cartas que enviou para a família e colegas na Bretanha, no curso de longa e próspera carreira, não mostram nenhum interesse pelas plantas medicinais brasileiras. Ao contrário, seu estoque se constituía de remédios importados da França, dos quais dependia sua posição social, bem como seu negócio. Durante mais de quarenta anos, ele receitou de consciência tranquila e para uma grande clientela rural os remédios da ciência ocidental, entre eles a tinctura de ópio e o arseniato de estricnina”** (DEAN, 2000, p. 242).

do Hospital Militar da Corte, que recebera a licença de venda por sua conta naquele mesmo ano de 1802. Este talvez seja o marco inicial da produção em série de um medicamento, referência do início da indústria farmacêutica no país. Curiosamente, até os dias de hoje se encontra à venda em farmácias a preparação denominada “Água Inglesa”, feita à base de casca de cinchona com outras plantas, mas para despertar apetite, entre outras indicações.

Pesquisas apresentadas na Reunião Magna da Academia Brasileira de Ciências em maio de 2016, data comemorativa de seu centenário, apontam que a cloroquina tem tido resultados promissores no tratamento de pacientes com zika vírus. Por ser um fármaco com largo uso, ele é muito seguro e indicado para o tratamento de gestantes, abrindo novas perspectivas para a prevenção de malformações fetais. Portanto, vê-se como os conhecimentos e tecnologias tradicionais indígenas têm contribuição inestimável para a humanidade até os dias atuais.

A ciência brasileira tivera algum alento com a chegada da Família Real, em 1808, mas nos cinquenta anos seguintes à reforma do Museu Nacional, empreendida por D. João VI, mesmo se de maneira relutante, ele apenas definhara, fruto do abandono geral, com a única exceção da área de mineralogia, devido a suas claras implicações sobre possíveis jazidas de ouro e diamantes. A passagem de Louis Agassiz pelo Brasil teve como produto comentários publicados sobre o abandono do Museu Nacional, de grande repercussão junto a D. Pedro II. Este lhe aumentou o orçamento e nomeou Ladislau de Souza Mello Neto como seu diretor, dando início a uma nova fase não apenas da instituição, mas da própria ciência brasileira.

Mello Neto tinha participado de uma expedição ao alto Rio São Francisco, na qual recolhera preciosos depoimentos dos habitantes locais dos usos das plantas. Ele implantou uma rede de pesquisadores no Brasil, que incluiu Fritz Müller, no estado de Santa Catarina, o primeiro defensor de Darwin no Brasil e alhures. Faziam parte da rede também Charles Hartt, Henri Gorceix e Hermann von Ihering, que fora convencido a abandonar seu cargo na Alemanha e se transferir em definitivo para o Brasil, radicando-se inicialmente no Rio Grande do Sul. Com o advento da República, ele se transfere para São Paulo, a fim de fundar o Museu Paulista, do qual foi diretor por 25 anos, além de criar o Jardim Botânico. Com a Primeira Guerra Mundial, foi afastado do cargo devido a suas raízes alemãs, e teve atuação polêmica na defesa da ocupação das terras do sul brasileiro, em meio a um debate acalorado sobre o (des)respeito aos povos indígenas.



Fortemente influenciado pelas posições colonialistas dos estados europeus ávidos por novos territórios, desse debate participou uma primeira geração de cientistas entusiasmados com a eugenia, em um contexto nacional de repressão violenta a movimentos messiânicos, com a crítica à mestiçagem e participação ativa na propaganda de práticas genocidas; o que levou à criação do Serviço de Proteção ao Índio em 1910, em decreto de Nilo Peçanha, origem da atual FUNAI.

1.4 A Ciência na Educação Básica

Na Primeira República existem diversos movimentos educacionais dignos de nota, entre eles em São Paulo, que procuram modernizar a educação, integrando os imigrantes e diminuindo o analfabetismo, como a reforma Sampaio Dória (1920). No Ceará, a partir de 1922 há destacada atuação de Lourenço Filho. Em 1924, desponta o jovem Anísio Teixeira na Bahia; em Minas Gerais, com Mário Cassassanta; e no Rio de Janeiro, em 1927, destaca-se Fernando de Azevedo, já com grande projeção no campo educacional.

Mas foi sobretudo no período getulista (1930-1945) que grandes movimentos de dimensão nacional modificaram o cenário educacional. De certa forma, inverteu-se a tendência, inaugurada em 1827, de descentralização das ações educacionais, delegando às províncias atribuições normativas e executivas concernentes à educação básica e a instauração de normas para a instalação de universidades. Um dos primeiros atos dos insurgentes vitoriosos no movimento de outubro de 1930 será a criação, já em novembro de 1930, do Ministério da Educação e Saúde Pública.

O novo Ministério, em um país com tradição educacional descentralizada por mais de um século, passou a editar normas de alcance nacional, o que logo foi rotulado como postura autoritária. De fato, a lógica educacional incorporava valores de respeito à hierarquia e do conservadorismo católico. Além disso, a centralização dos atos educacionais conjugada com os da saúde sinalizava um claro alinhamento com as prescrições do movimento eugênico brasileiro, que coligava educação e higiene como fórmula de revigoramento racial, sem que isso fosse plenamente aprovado pela hierarquia católica. Ao mesmo tempo, a Constituição de 1934, apesar de certos avanços, reinstalava certos privilégios educacionais



vaticanos, que haviam sido retirados na primeira constituição republicana, como a volta do ensino religioso às escolas públicas.

A colonização religiosa católica está mesmo na base da ocupação europeia, principalmente em São Paulo. Segundo especialistas, a educação pública no Brasil até hoje apresenta a influência religiosa do início da colonização, embora a laicidade do ensino esteja prevista na legislação educacional. Para tanto, deve haver real engajamento de movimentos sociais, do Poder Judiciário e dos Conselhos de Educação.

”

A Igreja Católica realizou importante movimento estratégico com a vinda de Bento XVI ao Brasil, quando foram definidos os termos da Concordata Brasil-Vaticano, estabelecida por lei em 2008, onde a Igreja “[...] **logrou que o Estado brasileiro firmasse com ela um tratado que lhe garante privilégios especiais, em termos políticos, fiscais, trabalhistas, educacionais e outras, em total desrespeito aos dispositivos educacionais**” (CUNHA, 2013, p. 78).

O impulso necessário ao ensino de Ciências no Brasil, e que efetivamente colocaria as camadas populares em contato com o conhecimento científico, demorou muitos anos. A iniciativa de levar o ensino da Ciência a amplas camadas da população está intimamente ligada aos grandes projetos curriculares dos anos 1950-60, dos quais participaram alguns cientistas e educadores brasileiros de renome.

Na década de 1950 começam a se estruturar projetos editoriais inovadores que tiveram grande influência nos sistemas de ensino de vários estados brasileiros, São Paulo em especial. Esses projetos foram fortemente inspirados em experiências estrangeiras.

O movimento de reforma educacional foi muito influenciado pelas teorias de aprendizagem de Jerome Bruner, em especial com a publicação de seu livro “The Process of

Originalmente, dirigidos à escola média nos Estados Unidos, foram organizadas articulações editoriais como o *Biological Sciences Curriculum Study* (BSCS); *Physical Science Study Committee* (PSSC); o *Chemical Education Materials Study* (Chem Study); o *Earth Sciences Curriculum Project* (ESCP). Para os estudantes mais jovens foi desenvolvido o *Elementary Science Study* (ESS), bem como o *Science Curriculum Improvement Study* (SCIS) e *Science-A Process Approach* (S-APA). Recursos governamentais foram alocados para aproximar equipes de universidades e o setor privado, com o objetivo de produzir materiais curriculares inovadores, ao lado de diversas mudanças nas normas educacionais estadunidenses.

Education” (1960). Ele foi resultado de sua participação em um famoso encontro, que reuniu cientistas e educadores em 1959, em Woods Hole, Cape Cod. Contrariando a tendência da época, que colocava em dúvida a possibilidade de crianças lidarem com problemas relativamente complexos, que envolvessem raciocínio hipotético-dedutivo, ele conferia grande centralidade ao conhecimento científico, tido como contexto privilegiado para o desenvolvimento de habilidades cognitivas. Assim, ele se tornou a principal referência das reformas curriculares da época, e a “resolução de problemas” passou a ser imediatamente identificada com suas proposições teóricas.

O contexto dessas reformas educacionais foi o período da Guerra Fria, quando Estados Unidos e União Soviética, mediam forças em suas esferas de influência. O lançamento do satélite Sputnik, em outubro de 1957, provocou comoção da comunidade ocidental em geral, e da estadunidense em particular, gerando a percepção de atraso tecnológico em relação aos soviéticos. Todavia, localizar nesse pequeno aparato tecnológico o início desse período de reformas seria ignorar passos anteriores importantes. Quando foi firmado o cessar fogo do conflito militar da Guerra da Coreia, em 1953, as reformas educacionais já estavam em curso nos Estados Unidos. De fato, em 1951, sob a liderança de Max Beberman, a Universidade de Illinois propôs a reforma do ensino de matemática; o movimento se generalizaria nos anos seguintes, passando a contar com pesados investimentos governamentais.

Em setembro de 1958, o Congresso Americano aprovou o *National Defense Education Act* (NDEA), que liberava recursos em torno de 390 milhões de dólares (valores da época) para projetos de inovação curricular e expansão da educação superior, que tinham o deliberado objetivo de “defender a nação”. Havia recursos vinculados, por exemplo, a bolsas de estudo para apoio e desenvolvimento de centros de estudos de estudantes do próprio país e estrangeiros, e para o desenvolvimento de métodos inovadores de ensino de ciências e matemática.

A comunidade universitária era vista como “esquerdista” e “subversiva”, e denunciava que a declaração contrariava frontalmente a liberdade de pensamento, preceito da Constituição dos Estados Unidos. No entanto, as verbas para educação foram aprovadas com esse condicionante ideológico, fato raramente mencionado no contexto dos grandes projetos curriculares estadunidenses. Apenas três instituições universitárias, o *Barnard College*, da Universidade de Colúmbia, e as Universidades de Yale e Princeton recusaram se submeter ao NDEA, tendo de renunciar a suas verbas públicas. A declaração foi exigida até 1962, em um contexto no qual a Guerra Fria era tratada junto ao público de maneira a exagerar as iniciativas soviéticas.

No entanto, foi criada vinculação à liberação das verbas públicas, inclusive no recebimento de bolsas de estudo, na qual era exigida do beneficiário a assinatura de uma declaração (“disclaimer affidavit”), com valor legal, de teor ideológico. A declaração foi resultado da pressão de organizações, como a dos ruralistas (“*American Farm Bureau Federation*”), com base na exigência de que os “comunistas” não recebessem verbas destinadas à educação.

1.5 Projetos curriculares de Ciências e a realidade brasileira

A propaganda que alardeava o lançamento do Sputnik fazia parte, portanto, de um contexto mais amplo no qual organizações procuravam influenciar a opinião pública e o Congresso. Aumentando os riscos pretensamente envolvidos de maneira deliberada, difundiam a visão de que havia muitos “subversivos” na comunidade educacional, que teriam

A regulamentação da disciplina “Iniciação à Ciência” foi realizada pouco tempo após a promulgação da LDBEN, e o Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura (IBECC), que tinha sido criado nos moldes da UNESCO, teve participação ativa em sua implementação, contribuindo para a institucionalização da própria ciência no país.

acesso a volumosas verbas públicas. É nesse contexto que o ensino de Ciências surge no Brasil como disciplina obrigatória para todos os jovens.

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, de dezembro de 1961, incorporava a

atmosfera de renovação curricular, e o Conselho Federal de Educação regulamentaria a nova disciplina a ser oferecida nos dois anos finais do então ensino ginasial, na forma de “Iniciação à Ciência”. Novas normas seriam fixadas para formar os professores requeridos para a nova disciplina que os sistemas de ensino de todo o país deveriam oferecer aos estudantes. No entanto, eram necessários materiais didáticos e formação em serviço a fim de atender a nova demanda.

A seção paulista do IBECC fora criada em 1950, ficando sediada em espaço improvisado no prédio da Faculdade de Medicina da USP, e tendo o Dr. Isaías Raw como coordenador. Uma série de iniciativas

educacionais foi desenvolvida como o concurso “Cientistas de Amanhã”, realizado pela primeira vez em 1957. As ações da seção paulista do IBECC ganharam escala com criação da Fundação Brasileira para o Desenvolvimento de Ensino de Ciências (FUNBEC), e com a criação do Cecisp (Centro de Treinamento de Professores de Ciências de São Paulo), uma colaboração entre a Secretaria de Estado da Educação e a Universidade de São Paulo. Logo o esforço regional de São Paulo transcendeu suas fronteiras e os materiais e treinamentos alcançaram pontos distantes do país.

Nessas iniciativas, grupos de professores e cientistas trabalhavam no desenvolvimento de currículos, materiais didáticos e equipamentos. Em pouco tempo, em esforço coordenado pelo Ministério da Educação, outros estados tinham também criado tais centros de professores de Ciências. Dessa maneira, em 1965 havia centros de ensino de Ciências organizados em São Paulo, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, Minas Gerais, Bahia e Pernambuco.

No início de 1962, o *Nuffield Science Teaching Project* reunia um grupo de cientistas e professores de escolas secundárias britânicas, sob a liderança do diretor da Fundação Nuffield à época, Leslie Farrer-Brown, com a finalidade de atualizar as práticas das aulas de Ciências nas escolas inglesas. Foram realizados diagnósticos nas escolas secundárias, que apontaram graves problemas no ensino de Física, Química e Biologia. O trabalho das equipes passou a ser a elaboração de materiais que auxiliassem os professores a apresentar a Ciência de maneira dinâmica, interessante e acessível.

Foram realizados testes-piloto em 170 escolas, que participaram da aplicação dos materiais e realizaram sua avaliação visando confeccionar uma versão final para difusão ampla de atualização dos currículos. Embora não se possa falar em um estilo próprio, os materiais curriculares da Fundação Nuffield estimulavam o trabalho prático, com aulas práticas nas quais os estudantes levantavam hipóteses, realizavam experimentos e discutiam seus resultados.

A reforma educacional britânica pretendia mudar as exigências do exame nacional de nível avançado (“A-Level Examination”), em especial substituindo as disciplinas de Botânica e Zoologia, consideradas muito especializadas, por uma disciplina mais ampla, a de Biologia. Essa recomendação foi apresentada em outubro de 1959 ao governo, com forte influência da reforma curricular norte-americana. O resultado prático foi uma nova proposta curricular, que foi encaminhada para consulta às escolas da Inglaterra e País de Gales em 1963, o que resultou em um novo programa para o exame de 1966. Em 1968, as disciplinas especializadas de Botânica e Zoologia foram retiradas do programa do exame, com grande sucesso da disciplina unificada de Biologia.

Por iniciativa do IBECC e da FUNBEC, e com a colaboração da Fundação Nuffield e dos editores ingleses, alguns desses materiais curriculares foram adaptados para a realidade brasileira, com publicação iniciada em 1976. O projeto de Biologia original inglês constava de cinco livros de texto para o estudante, acompanhados dos respectivos guias para o professor. A versão brasileira seria dividida em dez pequenas unidades e guias para o professor e não formava necessariamente uma sequência, uma vez que pretendia conferir aos professores maior flexibilidade na programação de seus cursos, podendo selecioná-las em função do nível de seus estudantes. As dez unidades, contudo, nunca chegaram a ser publicadas no Brasil.

A ditadura militar obrigou diversos cientistas e educadores que participavam dessas iniciativas a deixarem o país, como foi o caso do próprio Dr. Isaías Raw, em São Paulo, e do Dr. Herman Lent no Rio de Janeiro. Desse modo, ao final dos anos 1960, e início dos anos 1970 o clima político cerceou fortemente atividades educacionais inovadoras, ao mesmo tempo em que se precarizava a formação docente, com a deterioração de salários e aviltamento das condições de trabalho na escola. Diversos projetos editoriais foram realizados no país, e alguns deixaram legado importante, sendo lembrados como livros de referência, com a participação das equipes do IBECC e da FUNBEC.

1.6 O componente curricular nas últimas décadas

As reformas curriculares nos últimos vinte anos tiveram forte influência das concepções presentes nos PCN - Parâmetros Curriculares Nacionais. No caso do componente curricular de Ciências Naturais essa influência está estreitamente relacionada aos documentos curriculares relativos ao ensino médio da década de 1990, razão pela qual os próximos parágrafos não se estendem às normas do ensino fundamental, mas focalizam os fundamentos do currículo de Ciências Naturais.

Em 2014 foi aprovado o Plano Nacional de Educação (Lei nº 13.005/2014), que estabelece:

Meta 2: universalizar o ensino fundamental de 9 (nove) anos para toda a população de 6 (seis) a 14 (quatorze) anos e garantir

que pelo menos 95% (noventa e cinco por cento) dos alunos concluam essa etapa na idade recomendada, até o último ano de vigência deste PNE.

Estratégias:

2.1) o Ministério da Educação, em articulação e colaboração com os Estados, o Distrito Federal e os Municípios, deverá, até o final do 2º (segundo) ano de vigência deste PNE, elaborar e encaminhar ao Conselho Nacional de Educação, precedida de consulta pública nacional, proposta de direitos e objetivos de aprendizagem e desenvolvimento para os(as) alunos(as) do ensino fundamental;

2.2) pactuar entre União, Estados, Distrito Federal e Municípios, (...) a implantação dos direitos e objetivos de aprendizagem e desenvolvimento que configurarão a base nacional comum curricular do ensino fundamental;

A proposta de construir direitos e objetivos de aprendizagem comuns a todos os sistemas de ensino do país não fazia parte no projeto de lei originalmente encaminhado ao Congresso Nacional em dezembro de 2010. Ela figurava em manifesto de doze educadores ao lado de outras medidas, como reforma da formação de professores, de modo a dar mais atenção ao ‘como ensinar’ e menos às questões filosóficas acerca do ensino. Esse tema consumiria tempo excessivo nos currículos das faculdades de educação.

Da mesma forma, outras influências se fizeram sentir nas Políticas Públicas Educacionais, em âmbito nacional, com efeito das avaliações externas de larga escala, idealizadas originalmente como indutoras de reformas curriculares efetivas, criadas de maneira articulada com diretrizes e parâmetros curriculares.

Na década de 90, o documento dos PCNEM que apresentava a área de Ciências da Natureza e Matemática incluía o termo “e suas Tecnologias”, pois pretendia “promover competências e habilidades que sirvam para o exercício de intervenções e julgamentos práticos”, o que realçava a intenção de aplicação do conhecimento, no sentido utilitário. Nas DCNEM/1998, no entanto, as “tecnologias” compareciam com outro significado, como o “entendimento dos instrumentos pelos quais o ser humano maneja e investiga o mundo natural. Com isso se dá continuidade à compreensão do significado da tecnologia enquanto produto, num sentido amplo”, o que lhe conferia um caráter teórico.



Nos PCNEM o aprendizado das Ciências deveria estar “em estreita proximidade com Linguagens e Códigos, assim como com as Ciências Humanas”. As competências e habilidades estavam agrupadas em três categorias: representação e comunicação, investigação e compreensão, e contextualização sociocultural e histórica.

Cada um desses grupos de “competências e habilidades” visava desenvolver certas “capacidades”. Assim, o desenvolvimento da capacidade de comunicação descrevia a síntese da primeira categoria (“representação e comunicação”). Já a segunda, (“investigação e compreensão”) visava “desenvolver a capacidade de questionar processos naturais e tecnológicos, identificando regularidades, apresentando interpretações e prevendo evoluções (sic). Desenvolver o raciocínio e a capacidade de aprender”. Por fim, a terceira categoria que agrupava competências e habilidades, (“contextualização sócio-cultural e histórica”), visava “compreender e utilizar a ciência, como elemento de interpretação e intervenção, e a tecnologia como conhecimento sistemático de sentido prático”.

A proposta da Base Nacional Curricular Comum (BNCC), na versão apresentada à consulta pública em setembro de 2015, trouxe uma lista de doze “Direitos de Aprendizagem”, que seriam comuns a todas as áreas. Estas com objetivos gerais e específicos, os quais foram agrupados, na área de Ciências Naturais, em “eixos estruturantes”, denominados “conhecimento conceitual”, “processos e práticas de investigação”, “linguagens” e “contextualização histórica, social e cultural”.

Na BNCC o objetivo “Identificar e compreender aplicações e implicações da Ciência e da Tecnologia na sociedade e no ambiente”, expressava possibilidades pedagógicas de nexos entre Ciências Naturais e Ciências Humanas.

Como veremos adiante, a concepção de competências e habilidades foi debatida em dezenas de encontros da Rede Municipal, entre outubro de 2015 e abril de 2016, convergindo para a conclusão que as competências e habilidades não mais dão conta das necessidades educativas atuais, e nova proposta foi elaborada, sendo apresentada adiante.

É interessante que a defesa do estabelecimento de um currículo nacional unificado seja feito com referência a experiências internacionais, ao mesmo tempo em que grandes progressos educacionais tenham sido obtidos justamente com movimentos inversos. Assim, deve-se ter em mente que, até o início da década de 1990, a Finlândia – referência recorrente nos debates recentes – tinha um currículo nacional rígido, livros

didáticos padronizados, com conteúdos muito detalhados e unificados em todas as escolas.

A autonomia da escola e a liberdade de os professores escolherem diferentes livros didáticos se tornaram muito grandes na Finlândia, muito superior aos demais países da OECD, a partir dos dados recolhidos pelos formulários do Programa Internacional de Avaliação de Alunos (PISA), promovido por aquela entidade. Essa liberdade dos professores, para além da média daquela comunidade de países, se estende também para as decisões sobre alocação de recursos e oferecimento de disciplinas optativas. É interessante constatar a dinâmica que se observou naquele país, pois na medida em que as escolas ganhavam autonomia e os professores acumulavam mais poder de decisão, os órgãos centrais e locais de administração da educação perdiam prerrogativas de ingerência.

Desse modo, caberia uma reflexão aprofundada para a conclusão dessa breve cronologia da disciplina escolar no país, a partir da reflexão sobre essa tensão entre os processos de centralização versus autonomia das redes de ensino e das escolas. Da mesma maneira, cabe refletir se os currículos devem ser “à prova de professor”, ou se, ao contrário, devem partir da premissa que sua contribuição, como intelectual especializado, é fundamental para o sucesso da aprendizagem dos(as) educandos(as).

”

Essa tendência está longe de ser uma idiossincrasia finlandesa, como diz a professora Pirjo Linnakylä: “O currículo nacional passou por uma reorganização, e se tornou mais flexível, descentralizado e menos detalhado. Ao mesmo tempo, também foram impulsionadas as questões sobre responsabilidade das escolas e sobre a necessidade de programas nacionais de teste, bem como padrões nacionais para dar notas aos estudantes. (...) É interessante observar que no PISA, os países com maior nível de autonomia, como é o caso da Finlândia, atingiram níveis mais altos de resultados dos educandos do que os que possuem menor nível de autonomia da escola. Pode-se presumir, então, que um elevado nível de autonomia da escola e dos professores na tomada de decisão pode ter sido um fator decisivo para o bom resultado da Finlândia no PISA.” (LINNAKYLÄ, 2005, p. 51)

CIENT

NATUR

CONCEPÇÃO DO COMPONENTE

2

2.1 A natureza da Ciência

A Ciência possui um impacto cada vez maior na sociedade moderna: recebe grande prestígio e atenção pública, ao ponto de, muitas vezes, eclipsar outras formas de conhecimento. Com aportes significativos de recursos por parte dos governos e do setor privado, seus produtos podem ser benéficos para o bem-estar humano ou provocar destruição em larga escala. É, portanto, fundamental tentar compreender suas características essenciais, seus fundamentos epistemológicos, seus métodos e seus limites, e até mesmo sua estrutura de organização.

A todo o momento lemos e ouvimos no noticiário afirmações como “foi cientificamente comprovado”, ou a “ciência nos mostra que”. Essas expressões aludem a um tipo exclusivo de credibilidade advindo das Ciências Naturais e de seu método, que supostamente conduziria os cientistas a um conhecimento incontestável e acima de qualquer possibilidade de erro. Esse conhecimento proveniente da Ciência – tido como isento de opiniões, preconceitos e preferências individuais, livre de conjecturas e especulações, experimentalmente e objetivamente provado – muitas vezes é utilizado para legitimar discursos cotidianos. Também na academia, entre intelectuais e pesquisadores, observa-se algo semelhante. As Ciências Naturais são frequentemente consideradas como o modelo de conhecimento sólido e seguro, situada acima de outras Ciências, sobre o qual se pode alicerçar o edifício do saber humano. A respeito disso, é revelador o gracejo de um dos fundadores da teoria atômica moderna, Ernest Rutherford, a quem é atribuída a frase “toda ciência ou é física ou é coleção de selos”.

Entretanto, percebemos que as Ciências Naturais vivem atualmente uma situação curiosa e paradoxal. A despeito dessa confiança no sucesso das Ciências Naturais, existe ainda um enorme ceticismo quanto

a muitas de suas conquistas. Para citar apenas alguns exemplos, teorias consagradas e consensuais entre os cientistas, como a teoria da evolução darwiniana ou das mudanças climáticas antropogênicas, são rejeitadas por uma grande parcela da população leiga. Observa-se, hoje, até um preocupante movimento contra o uso de vacinas, que remonta aspectos da revolta contra a vacinação proposta por Oswaldo Cruz em meados do século XX.

Muitos estudos tentam buscar as possíveis causas dessa descrença na Ciência contemporânea. Uma percepção equivocada da real natureza da Ciência é apontada muitas vezes como um dos principais fatores. Mas existe consenso entre filósofos e cientistas sobre o que é, no final das contas, a Ciência? Do que tratam efetivamente as Ciências Naturais?

O século XX foi rico em embates sobre esse tema no interior da Filosofia, da História, da Sociologia e da Antropologia da Ciência. Como seria de se esperar, embora não exista hoje uma posição conclusiva e hegemônica sobre a natureza da Ciência, essas reflexões e debates elaboraram muito nossa compreensão. Alguns estudos recentes procuraram sintetizar o que seria uma tentativa de consenso. O objetivo desses levantamentos é avançar na direção de uma compreensão mais sofisticada e realista da Ciência, ao mesmo tempo em que buscam caracterizar a percepção de estudantes e professores sobre o tema, apontando caminhos para a desconstrução de uma visão ingênua desse componente curricular. Tentaremos resumir a seguir algumas dessas conclusões.

EPISTEME E DOXA

Os primeiros filósofos gregos faziam a distinção entre *episteme*, o conhecimento verdadeiro que hoje associaríamos a uma certa visão de conhecimento científico, e *doxa*, que poderíamos traduzir por opinião. Enquanto o primeiro possui um caráter absoluto e imutável, o segundo seria cambiável e dependente de preferências pessoais.

2.1.1 O conhecimento científico é tentativo e conjectural

O conhecimento científico, embora não seja facilmente alterável, está sujeito a constantes revisões e transformações. Novas evidências empíricas, teorias e tecnologias podem surgir e modificar o conhecimento antigo. Mudanças nas esferas culturais e sociais, interpretação de dados a partir de novos paradigmas ou programas de investigação podem transformar, ou mesmo revolucionar, o que se sabia antes. Do ponto de vista lógico, conforme foi convincentemente enfatizado pelo filósofo Karl Popper, nenhuma teoria científica poderá jamais ser provada definitivamente verdadeira, a despeito da quantidade de evidências empíricas a seu favor. De acordo com esse filósofo, uma teoria será sempre uma tentativa, uma conjectura. Ela pode, e deve ser submetida a rigorosos experimentos, e tornar-se-á mais confiável à medida que não for refutada por esses testes, mas jamais poderá ser declarada “a verdade”. De fato, é justamente a possibilidade de ser refutada que faria, segundo Popper, uma teoria ser considerada científica. Percebe-se, portanto, que a natureza conjectural pode ser considerada justamente como um dos critérios para a definição de ciência.

2.1.2 O conhecimento científico é, em larga medida, de natureza empírica

Seria um truísmo afirmar que as Ciências da Natureza são baseadas em observações do mundo natural se a história não mostrasse que esse não foi sempre o caso, até pelo menos o século XV. É na revolução científica, ocorrida ao longo dos séculos XVI-XVII, que identificamos um ponto de inflexão fundamental na história da Ciência, quando a observação e a experimentação passam a ser permanentemente associadas às Ciências Naturais. Um dos primeiros filósofos modernos a enfatizar esse ponto foi Francis Bacon (1561-1626). Na sua crítica às deduções de conclusões científicas a partir de princípios axiomáticos, Bacon propõe “trocar os livros pelas coisas, a biblioteca pelo laboratório, o mundo teórico pelo universo prático”, ou seja, substituir a ênfase no raciocínio puramente teórico e dedutivo pela experimentação prática.

Normalmente, os cientistas não possuem acesso direto aos fenômenos naturais, e os dados empíricos são filtrados pelo aparato perceptual acrescido por instrumentos científicos, como telescópios ou microscópios, por exemplo.

2.1.3 Os fatos científicos e a impregnação teórica das observações

O desenvolvimento de conceitos científicos tem por base aquilo que chamamos de fatos: descrições de porções circunscritas da realidade, compartilhadas por um conjunto de pessoas. Um fato é algo menos evidente do que se pensa, mesmo que nossos sentidos sejam frequentemente tidos como sensores objetivos do mundo à nossa volta. Mas isso nem sempre é assim. Bastaria lembrar da trajetória do Sol durante o dia, pois ela forneceu fatos óbvios durante milênios até que eles fossem reinterpretados à luz de uma nova teoria sobre o universo. De certa forma, a veracidade dos fatos sobre a trajetória do Sol em nosso céu permaneceu a mesma, antes e depois da proposição do heliocentrismo. O que se modificou foi a trama conceitual na qual essa coleção de fatos ganhava sentido. A trama conceitual relacionada com o geocentrismo foi aperfeiçoada durante séculos, até que ela rapidamente perdeu sustentação, por conta de novos fatos e de uma nova trama conceitual que se estabeleceu com eles. Esse exemplo evidencia que não existe observação totalmente neutra em relação a tramas conceituais que constituem teorias. Outro exemplo pode ser facilmente lembrado, relacionado a uma das primeiras observações realizadas com o microscópio. O holandês Niklaas Hartsoecker (1654-1725) realizou uma ilustração famosa, que demonstra como a imaginação por vezes substitui a observação (Figura 2).



Figura 2 – Famoso desenho de espermatozoide humano realizada em 1694 por Niklas Hartsoecker.

O observador estava tão convencido que os espermatozoides carregavam um pequeno embrião, que se desenvolvia no ventre materno, que seus olhos não puderam deixar de se influenciar por suas ideias. Esse era indiscutivelmente um fato, ainda mais se for levado em consideração que a imagem fora obtida com um dos instrumentos tecnológicos mais sofisticados do século XVII. As teorias que iluminavam suas observações não deixaram de influenciar seu aparato perceptivo, produzindo algo que aparentemente nada devia a suas convicções.

Esse exemplo nos remete àquilo que alguns filósofos, como Thomas Kuhn (1922-1996), dizem quando afirmam que os "dados" ou "fatos" não são independentes da trama conceitual a que estão ligados. Isso nos permite compreender como parte dos fatos que reconhecemos como indiscutíveis hoje em dia poderão eventualmente deixar de sê-lo em um futuro próximo. Assim, mesmo que a observação fosse uma etapa inicial de qualquer elaboração científica, disso não decorreria que as conclusões seriam absolutamente verdadeiras e que jamais se modificariam. Ao contrário, ao admitir que os conceitos dependem de fatos, e que estes não são descrições absolutamente objetivas da realidade, logo percebemos que as conclusões a que podemos chegar com as ferramentas da Ciência estão em permanente modificação.

Percebe-se, portanto, que as observações e o próprio conhecimento científico são carregados de teoria. As observações realizadas pelos cientistas são impregnadas por expectativas, preconceitos, compromissos teóricos, treinamento e experiências prévias. Todos esses fatores influenciam os problemas que cientistas investigam e como eles conduzem suas investigações; o que observam e o que não observam, e como interpretam as suas observações. Além disso, muitos filósofos defendem a ideia de que a Ciência dificilmente começa a partir de observações isentas e neutras, contrariamente à crença comum. Observações e investigações são motivadas e guiadas por dúvidas ou problemas que são derivados de certas perspectivas teóricas a partir das quais elas adquirem significado.

À época, havia uma discussão sobre a formação dos seres vivos, e os cientistas se dividiam entre as teorias de epigênese e da pré-formação. Em síntese, os adeptos da epigênese diziam que o novo ser se formava a partir de elementos de ambos os genitores, enquanto os partidários da teoria da pré-formação diziam que as diversas gerações já estariam formadas nos órgãos sexuais. Entre esses últimos, havia os que defendiam ser o gameta feminino o depositário dessas gerações pré-formadas (os ovistas), enquanto outros defendiam a ideia de que seria o gameta masculino (os animalculistas). Grandes cientistas defenderam diferentes posições, e fica claro que Hartsoeker não era adepto nem da epigênese, nem tampouco poderia ser chamado de ovista.

2.1.4 Observações e inferências: leis, teorias e explicações científicas

Os dados empíricos são acessíveis aos sentidos, com ou sem o auxílio de instrumentos, e os cientistas são capazes de chegar a um consenso sobre eles com alguma facilidade. Ao nível do mar, por exemplo, água entra em ebulição a 100°C. Contudo, além de observações, a Ciência depende de inferências sobre fenômenos que não são diretamente observáveis, postulando assim a existência de entidades teóricas para explicar os dados empíricos. O grau de agitação de partículas inobserváveis (as moléculas de água) possuidoras de uma determinada energia cinética, também inobservável, seria responsável pelo processo de ebulição observado. Embora crucial para a compreensão do discurso científico, a distinção entre observação e inferência, entre entidades observáveis e inobserváveis não é clara nem consensual entre os filósofos. Entidades teóricas como átomos, elétrons, fótons e campos magnéticos na física, ou vírus, genes e espécies na biologia são apenas alguns exemplos.

Na Ciência, hipóteses geralmente possuem um caráter especulativo, por exemplo, uma previsão de resultados experimentais. Já as teorias científicas são mais bem estabelecidas e fundamentadas, constituindo sistemas internamente consistentes de explicação. As teorias servem para explicar grandes conjuntos de observações aparentemente não relacionados em mais de um campo de investigação, postulando a existência de entidades inobserváveis. A teoria cinética molecular, como discutido anteriormente, pode explicar, além das mudanças nos estados físicos da matéria, muitos outros fenômenos. As teorias orientam futuras investigações, gerando problemas de pesquisa, embora, ao contrário da crença popular, as teorias não possam ser diretamente testadas. Os cientistas precisam deduzir consequências observáveis de uma teoria – previsões testáveis – e confrontá-las com os dados empíricos. Isso constitui, de fato, um experimento científico; se houver acordo entre as previsões e os dados, a teoria estará corroborada (e não comprovada definitivamente), aumentando o nível de confiança dos cientistas. As leis, por outro lado, descrevem amiúde regularidades e relações entre fenômenos observáveis, sem, contudo, explicar a razão dessas regularidades e relações, o que é feito pelas teorias. A mencionada teoria cinética molecular explica, por exemplo, a lei de Boyle. Leis e teorias são diferentes tipos de conhecimento; uma não se transforma na outra, nem há uma relação hierárquica entre elas, como é a concepção usual entre os estudantes.



2.1.5 O método científico

É comum a crença de que a ciência é capaz de alcançar o conhecimento verdadeiro e confiável porque se apoia em um método peculiar: o método científico. A existência de um, e somente um, método científico quase infalível, é também um mito bastante difundido. Sua origem é apontada por alguns estudiosos como sendo a obra do já citado Francis Bacon e seu método indutivo. Desde então, diversos outros “métodos” foram propostos, como o Positivismo, o Neopositivismo, o Falsificacionismo e o Hipotético-Dedutivismo, alguns deles muito presentes entre o público leigo, os professores e os estudantes. O que filósofos e historiadores têm demonstrado, todavia, é que não existe um método universal seguido pelos cientistas que seja o caminho definitivo para o conhecimento seguro. Alguns filósofos questionam ainda se o conhecimento científico estaria realmente em posição hierarquicamente superior a outras formas de conhecimento.

Embora a Ciência dependa de observação sistematizada e análise lógica dos dados, ela é um empreendimento essencialmente humano e, como tal, é uma atividade que depende também da imaginação, da criatividade e da subjetividade. Elas são a fonte de inovação do conhecimento científico. A Ciência não é, portanto, uma atividade puramente racional, que poderia ser realizada por um algoritmo computacional. A elaboração de engenhosas teorias para explicar processos subjacentes aos fenômenos naturais (ou mesmo os criados em laboratórios) é a prova viva desse fato.

2.1.6 A construção histórica e social do conhecimento científico

Além das crenças e valores pessoais, os cientistas são decisivamente influenciados pela sociedade e pela cultura em que foram educados. Estas desempenham papel fundamental em suas atividades científicas, definindo suas observações, interpretações e escolha de teorias. Dessa forma, sendo a Ciência um empreendimento inerentemente humano, é sempre realizada no contexto de uma cultura maior, e seus praticantes são o produto dessa tradição. A Ciência, portanto, afeta e é afetada pelos vários elementos do tecido social e das esferas intelectuais da cultura na qual está inserida, incluindo as estruturas políticas e de poder, além de



fatores socioeconômicos, históricos, filosóficos, artísticos e religiosos. A própria validação do conhecimento científico – a saber, como uma teoria é aceita pela comunidade científica – é definida muitas vezes por critérios socioculturais. Uma teoria é avaliada com base em seu sucesso empírico; porém, a comunidade científica também termina por escolher uma teoria por convenções como a simplicidade e a reputação dos seus proponentes. Conforme descrevem as conhecidas análises sócio-históricas de Ludwik Fleck (1935) e Thomas Kuhn (1962), as “normas” dos paradigmas e estilos de pensamento – as “visões de mundo” – acabam por determinar formas particulares de práticas científicas, assim como influenciam o julgamento da comunidade científica de teorias concorrentes.

As concepções sobre a natureza da ciência apresentadas aqui foram adaptadas de Lederman e colaboradores (2002). Embora criticada por alguns pesquisadores, como, por exemplo, Mathews (2012) e Allchin (2013), essa "lista de consensos" tem sido amplamente utilizada na elaboração de documentos curriculares ao redor do mundo.

CIENCIA

NATURAS

CIENC

NATUR

O CURRÍCULO E O COMPONENTE

3

3.1 O conhecimento científico na escola

Pesquisas indicam um desinteresse pelas Ciências Naturais e um declínio dos jovens que optam por seguir seus estudos em áreas científicas. Esse fenômeno demonstrou ser particularmente agudo não apenas nos países economicamente desenvolvidos, mas nas regiões industriais de países em desenvolvimento.

Frequentemente, a Ciência é apresentada como uma série de fatos desconexos e sem vínculos com o mundo cotidiano dos estudantes; dessa forma, a Ciência na escola não lhes parece interessante, ou mesmo relevante. No início do ensino fundamental, o trabalho de Ciências geralmente começa a partir de objetos e eventos ao redor da criança – o contexto garante a realidade, concretude e relevância dos conceitos científicos. O curso da aprendizagem, entretanto, requer a compreensão progressiva de conceitos que possuem aplicações cada vez mais amplas e que, portanto, tornam-se inevitavelmente cada vez mais abstratos. Os problemas surgem quando essas ideias abstratas parecem não mais estar conectadas às experiências a partir das quais elas deveriam ser construídas.

Pesquisas realizadas por equipes em diversos países em um projeto liderado pela Universidade de Oslo, na Noruega, demonstraram que afirmações como “gostaria de ser cientista” e “gostaria de seguir uma carreira que lide com ciência e tecnologia” têm baixa concordância de jovens de 15 anos de países europeus e do Japão, ao contrário de países africanos. No Brasil, a mesma pesquisa, em três amostragens realizadas nos últimos anos, revelou que a maior discordância ocorreu nas regiões sul e sudeste, e a maior concordância foi constatada na região nordeste. Essa tendência demonstra ser muito consistente (BIZZO; PELLEGRINI, 2013).

”

Um relatório de um seminário internacional realizado há alguns anos sobre o tema (HARLEN, 2010) sugere que o currículo de Ciências deveria adotar alguns princípios básicos para garantir aos estudantes a compreensão de algumas ideias centrais da Ciência e sobre a Ciência contemporânea. A apreensão dessas ideias e procedimentos básicos seria uma espécie de “conteúdo mínimo” com o qual os estudantes deveriam deixar a escola após sua formação inicial. Dessa maneira, são indicados alguns princípios fundamentais que as escolas deveriam seguir ao longo dos anos de educação em ciências por meio de seus currículos. Entre eles:

- “Buscar sistematicamente desenvolver e sustentar a curiosidade dos estudantes sobre o mundo, o prazer da atividade científica e a compreensão de como os fenômenos naturais podem ser explicados.
- Proporcionar a cada indivíduo tomar decisões informadas, e tomar as medidas apropriadas que afetem seu próprio bem-estar e o bem-estar da sociedade e do meio ambiente.
- Desenvolver a compreensão de um conjunto de ‘grandes ideias’, que incluem ideias da ciência e ideias sobre a ciência e seu papel na sociedade, as competências científicas relacionadas à coleta e uso de evidências a atitude científica.” (HARLEN, 2010)

Na escola, os conceitos são frequentemente formalizados a partir de procedimentos experimentais envolvidos na resolução de um problema. Isso não implica necessariamente o uso de tubos de ensaio e aventais brancos, mas ações escolares que a literatura mais recente tem chamado de *inquiry-based*, sendo conhecida entre nós pela expressão aprendizagem por investigação.

Embora se admita a dificuldade de definir um conceito científico, alguns enunciados conseguem reunir certo consenso em torno de si, e podem mesmo ser considerados complementares. Um desses enunciados diz que os conceitos comportam definições e podem receber títulos, ou seja, receber uma denominação, um nome intrinsecamente ligado a sentidos razoavelmente inequívocos, ao contrário dos conceitos linguísticos, usualmente ligados a muitos sentidos e altamente dependentes de contexto.

Outra definição diz que o conceito científico desempenha função operatória, útil como instrumento de interpretação de fenômenos, sem ser meramente explanatório, pois pode ir além da simples descrição do fenômeno,

ligando-o a outras observações congêneres, lastreado em uma determinada base teórica. Embora os conceitos possam ter enunciados declarativos, no sentido de afirmar características de fenômenos para além das aparências, o que é muito importante, eles podem ir além e possuir enunciados operatórios. Isso determina que o conceito científico possua extensão limitada, que, sua validade seja restrita a certo domínio. No en-

tanto, mesmo reconhecendo essa limitação, ela é compensada, de alguma forma, por outra característica dos conceitos científicos, que é sua tendência de interconexão; isto é, de formar tramas conceituais, redes organizadas e coerentes de relações lógicas. Isso potencializa o poder dos conceitos científicos, mas, por outro lado, expõe sua fragilidade em momentos de crise, uma vez que o questionamento de um conceito leva inevitavelmente a questionar outros.

3.2 Tipos de Conceitos Científicos

Os fatos são frequentemente visíveis, observáveis, mesmo que eles possam não ser confirmados diante de alguma mudança, seja da trama conceitual a que estão ligados, seja aos meios tecnológicos utilizados. De certa forma, podemos então estabelecer que os fatos são *concretos*, pois são tangíveis. Os conceitos neles baseados, por outro lado, poderiam ser classificados como *abstratos*, não porque sejam intangíveis, mas devido ao fato de serem elaborações mentais, as quais podem ganhar um nome, mas isso não significa que deixem de ser puramente imaginárias. Elemento químico, por exemplo, é um conceito, não pode ser confundido com a substância, mesmo se pura, composta por esse elemento. É comum recorrer a exemplos materiais para se referir ao conceito, por exemplo, ao falar do elemento químico ouro, apontar para uma aliança feita desse metal. Uma alternativa é apresentar o átomo do elemento químico e argumentar em relação a seus orbitais eletrônicos. Mesmo

No passado, a aprendizagem por investigação era tida como um conjunto invariável de etapas a serem seguidas, tendo sido estabelecidas siglas em diferentes línguas. Uma delas teria sido inspirada no trabalho experimental do famoso cientista francês Claude Bernard (1813-1878), conhecido como um dos fundadores da medicina experimental, baseada em evidências. A sigla passou a ser conhecida como OHERIC, no caso do francês e aplicável ao português, embora no Brasil e em Portugal a sigla não tenha se tornado tão popular quanto na França. Isso significava que a observação (OHERIC) precedia inexoravelmente o empreendimento científico, e assim deveria ser repetida nas atividades escolares relacionadas a seu ensino. O passo seguinte seria a formulação de uma hipótese (OHERIC), seguida da fase de experimentação (OHERIC), a qual se seguiria a fase de coleta de resultados (OHERIC), passíveis de interpretação (OHERIC). Apenas assim seria possível chegar a uma conclusão (OHERIC).

A investigação histórica demonstrou que as fases de trabalho dos cientistas, e particularmente de Claude Bernard, não seguiam as fases prescritas para os educadores. O trabalho de um importante historiador da medicina (o croata-francês Mirko Grmek, 1924-2000), que realizou um paciente estudo com as notas originais de Claude Bernard, levou ao questionamento dessa sucessão de etapas. A publicação de seu trabalho causou certa comoção na comunidade de educadores franceses, que se viram obrigados a reconhecer que a proposta estava baseada em fontes históricas pobres.

que se possa utilizar uma referência concreta, disso não decorre que todos os conceitos possam ser reduzidos a objetos.

3.2.1 Conceitos Formais

Quando nos referimos a conceitos que não podem ser reduzidos a objetos, como a maior parte dos conceitos físicos (espaço, tempo, massa, força, etc.), fala-se em *Conceitos Formais*. Trata-se de abstrações que objetivam articular propriedades incomuns – por exemplo, produzir trabalho –, mas que podem nem mesmo admitir uma definição puramente teórica. Tome-se o exemplo de energia: pode-se descrever seus efeitos, mas rigorosamente não é possível oferecer uma definição formal para ela.

3.2.2 Conceitos Categoriais

Quando nos referimos a conceitos que podem ser reduzidos a objetos, como no exemplo "mamífero", estamos diante desse subconjunto de conceitos. Observem-se certos animais que possuem pelos e mamas, e logo será possível encontrar propriedades comuns e exclusivas, as quais poderão definir de maneira bastante objetiva uma categoria de objetos, configurando um Conceito Categorical.

3.2.3 Conceitos Operacionais

Embora os filósofos reconheçam apenas Conceitos Categoriais e formais, é habitual apresentar Conceitos Formais da maneira como fizemos há pouco, ao simplificar seu enunciado, reduzindo-o a exemplos de objetos ou efeitos perceptíveis. Quando dizemos que é necessária energia elétrica para fazer uma lâmpada acender, estamos reduzindo o conceito a uma dimensão que é facilmente percebida por outra pessoa. Mas, com isso, não estamos oferecendo nenhuma definição de energia que possa ser utilizada para saber quanto de combustível é necessário para um ônibus me levar para casa, por exemplo.

Os Conceitos Operacionais pertencem ao domínio da iniciação dos aprendizes ao trabalho científico, e frequentemente são utilizados em atividades e sequências didáticas. Mas eles são muito restritos e não apre-



sentam aspectos fundamentais dos Conceitos Científicos; por exemplo, sua aderência a tramas conceituais extensas, que permitem aplicações em diversas esferas da atuação humana, e que constituem elaborações complexas, frequentemente referidas como "princípios" ou "leis". Mesmo assim, têm a sua importância, dado que a formação de novas gerações deve sempre contar com etapas iniciais nas quais certas simplificações são admitidas, quando não absolutamente necessárias.

3.3 Ensino-aprendizagem de Conceitos Científicos

Conceitos Científicos são unidades básicas não apenas no cotidiano dos laboratórios de pesquisa, mas também nas salas de aula em que se aprende Ciência. Trata-se de dois domínios distintos, nos quais se reconhece amplamente que os Conceitos Científicos não possam transitar livremente de um ao outro sem a necessidade de ajustes e modificações importantes, por duas ordens de razões. A primeira delas é de razão didática, ou seja, um enunciado científico deve necessariamente ser preciso quando usado em um laboratório ou em uma sala de cirurgia. No entanto, esse mesmo enunciado pode não ser útil em uma sala de aula, quando se procura compartilhá-lo com certa comunidade. Nesse momento, há que se pensar em torná-lo mais próximo do universo cultural da comunidade a que pertence aquele grupo de pessoas.

Existe ainda outra ordem de razões, pois é necessário tornar o enunciado não apenas didático, no sentido de apto a ser utilizado em atividades de ensino-aprendizagem, mas também pedagógico, no sentido de ser adequado à faixa etária para a qual será dirigido. Um curso para crianças ou para adolescentes tem, obrigatoriamente, dois vetores de ajuste nos enunciados dos Conceitos Científicos. Um deles se relaciona com o universo cultural dos aprendizes; o outro com a maturidade intelectual própria da faixa etária considerada. Esse processo de ajuste, conhecido como *transposição didática*, produz novos conhecimentos com feição escolar, que são diferentes, embora intimamente relacionados aos seus referentes literais: os Conceitos Científicos utilizados no cotidiano dos cientistas.

A aprendizagem de Conceitos Científicos nos remete a dois níveis de aprendizagens, um deles focalizado nos aspectos explícitos dos



conceitos científicos e outro a seus aspectos implícitos. É possível trabalhar com os educandos conceitos referentes a fatos ou informações, ou mesmo de técnicas, regras, hipóteses, teorias ou leis. Por exemplo, pode-se trabalhar a informação sobre a extensão do DNA humano necessário para codificar certa proteína como a insulina. Pode-se também trabalhar com os estudantes aspectos práticos relacionados à obtenção dessas informações. No entanto, pode-se trabalhar em outro nível, buscando nos exemplos considerados, chegar a uma nova forma de levantar questões sobre as coisas do mundo.

A distinção básica a ser estabelecida nos leva a admitir que uma pessoa pode possuir uma grande memória e saber recitar poesias, emocionando sua audiência, mas uma pessoa que saiba apenas enunciar Conceitos Científicos possivelmente não possa contribuir com ninguém, e muito provavelmente nem consigo mesma, diante de um problema concreto. Dito de outra forma, trabalhar Conceitos Científicos sem a especificidade educacional que eles requerem, mesmo que por meios bem sucedidos em outras áreas, pode conduzir a um grande fracasso. Isso pode ser explicado por diversas razões.

Os Conceitos Científicos não podem ser transmitidos, nem mesmo estocados na mente do aprendiz. Uma analogia nos ajuda a entender a aparente possibilidade de transferência de Conceitos Científicos, frequentemente associada a expressões ligadas à ideia da transmissão cultural. Tome-se o exemplo de uma proteína de nosso sangue, a albumina. Ela está presente no plasma e é um de seus constituintes essenciais, sem o qual o plasma deixa de cumprir funções vitais ao organismo. A albumina está presente em diversos alimentos de nossa dieta tradicional, como a clara de ovo e mesmo o leite. Isso significa que a albumina seja *transferida* dos alimentos para o sangue? Ora, se isso de fato ocorresse, a albumina humana seria idêntica à albumina aviária ou bovina, que são ligeiramente diferentes entre si. Ora, até mesmo hormônios proteicos, mesmo os de cadeia curta, como a insulina, não são idênticos em diferentes organismos. A semelhança das proteínas é enganosa, bastando dizer que muitas pessoas desenvolvem alergia à albumina de outros animais, mesmo tendo contato apenas por via oral, na alimentação. A grande similaridade entre os diversos tipos de proteínas pode nos levar a pensar que elas sejam originadas apenas a partir de mudanças menores, sendo difícil imaginar que a digestão desmonte inteiramente a estrutura da proteína, a ponto de reduzi-la apenas a seus constituintes elementares, os aminoácidos. Dentro das células de nosso organismo, esses aminoácidos serão reunidos no-

vamente e formarão uma sequência muito parecida – mas não idêntica – àquela que formavam originalmente quando fizeram parte de nossa dieta.

De maneira análoga, os conceitos científicos que os estudantes apreendem verdadeiramente têm uma grande semelhança com os enunciados que ouviram de seus professores. Entretanto, disso não decorre imediatamente que eles tenham sido "transmitidos", como que "injetados", no aparato cognitivo dos aprendizes. De certa forma, eles foram "desmontados" em seus constituintes e "remontados" a fim de ganhar sentido para o próprio aprendiz, tornando-se não "coisas" em seu aparato cognitivo, mas utensílios intelectuais que podem ser eventualmente mobilizados para enfrentar uma situação-problema inédita para o aprendiz.

Por vezes, os professores de Ciências estão tão preocupados com a definição formal do conceito, que se esquecem de que ela deve ser o ápice da sequência didática referida a ele, e não seu ponto de partida. A concretização do conceito, em suas diversas possibilidades, deve preceder sua formalização escrita. Tais concretizações não podem depender de situações imaginárias fora do alcance dos educandos, por vezes fruto de simplificações distorcidas e irreais. Elas devem envolver situações-problema que possam ser reconhecidas como relevantes para os estudantes; eventualmente, sua curiosidade pode ser tão grande que problemas pouco sofisticados podem ser muito úteis. Por exemplo, um professor prepara um lote de pequenos objetos, com algumas moedas e chaves metálicas de ligas ferrosas, junto com outros objetos constituídos de substâncias moleculares, como borracha, lápis, pedaços de madeira, plástico, etc. Propõe a um grupo de crianças que separem os objetos em dois grupos, a partir da sensação tátil que possam ter. É comum que os educandos se interessem pelo desafio, ainda mais se ele for acompanhado de algum tipo de teste de condução de eletricidade ou de interação com uma bússola, por exemplo. Ao perceberem certas similaridades e correlações, os educandos ficarão intrigados e se perguntarão qual a razão de propriedades de condutividade térmica estarem associadas à condutividade elétrica e a propriedades ferromagnéticas. O professor poderá, então, planejar um passo além e proporcionar formas de colocar o conceito de metal à prova, incluindo objetos metálicos de alumínio, prata e ouro, como uma aliança, a fim de que os estudantes testem as hipóteses que estão estabelecendo.

Uma das possibilidades seria a de iniciar a atividade oferecendo uma explicação do que seja um metal e uma substância molecular, talvez até utilizando a tabela periódica. Mas isso quase que dispensaria total-



mente a atividade prática e até mesmo poderia desmotivar os estudantes a realizá-la. No entanto, se ao seu final fosse realizada uma sistematização dos resultados, permitindo aos educando a oportunidade de relatar o que observaram e o que estavam pensando, provavelmente tornaria a atividade muito mais estimulante do ponto de vista intelectual.

Nesse exemplo pode-se observar os estudantes preenchendo um certo "vazio" intelectual; eles certamente haviam percebido que existia alguma similaridade entre uma aliança de ouro, um talher de prata e outro de aço. Conheciam chaves e latas de refrigerante e sabiam que eram metálicas. Mas talvez não conhecessem as propriedades de condutividade elétrica desses materiais. Assim, a atividade não pretendia criar uma referência de metal no universo cultural do estudante, mas sim modificar as representações de metais já existentes, introduzindo elementos conceituais que passam a estabelecer relações e conexões entre si.

CIENT

NATUR

CIENC

NATUR

DIREITOS DE APRENDIZAGEM

4

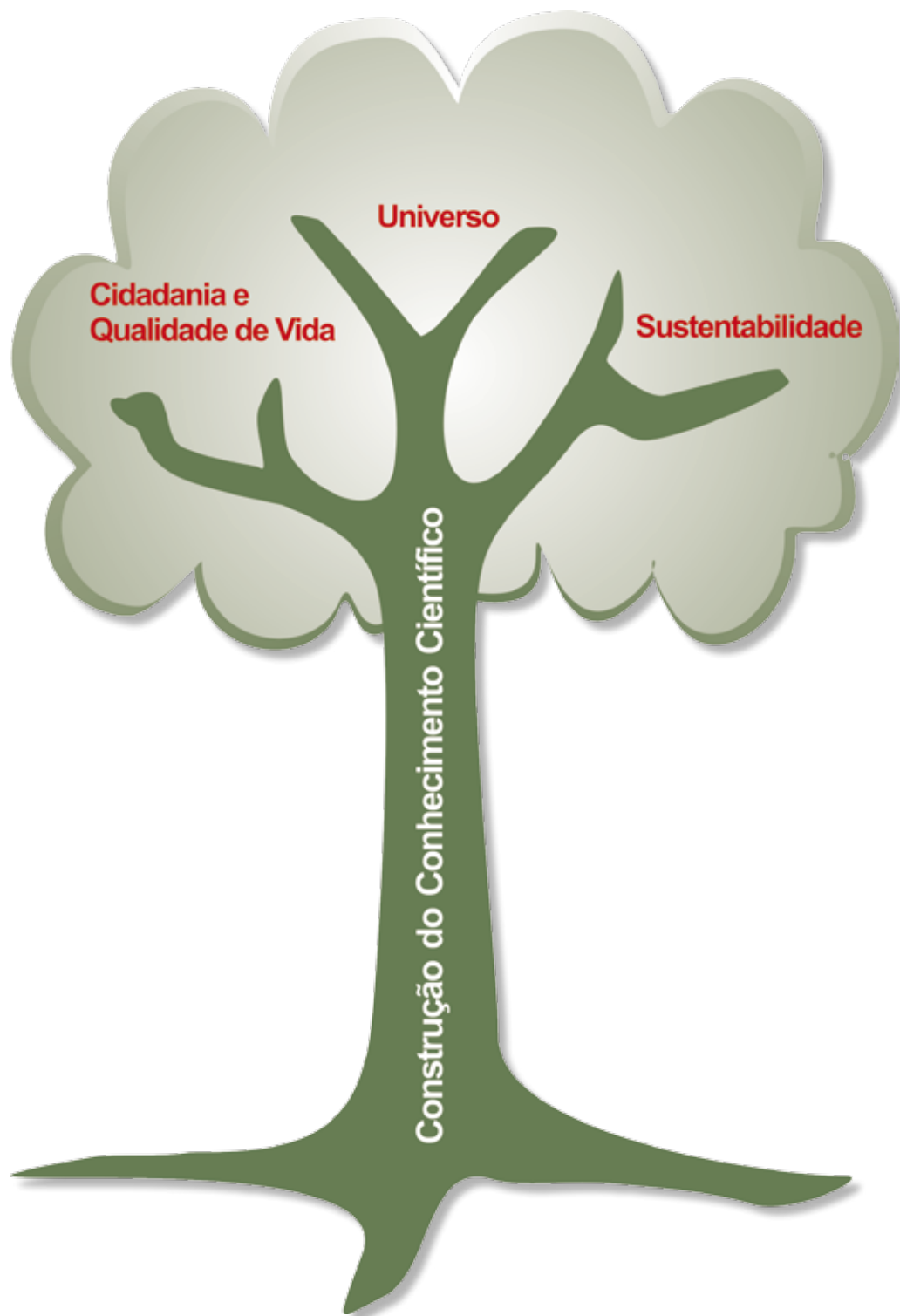
Finalmente, a partir da reflexão realizada nas seções anteriores, alguns direitos básicos de nossos educandos foram coletivamente elaborados, considerados essenciais ao longo do processo formativo dos Ciclos Interdisciplinar e Autoral. Esses direitos tentam captar quais garantias fundamentais entende-se que o componente curricular de Ciências deve oferecer, incentivando e inspirando o trabalho diário dos educadores.

Os Direitos de Aprendizagem foram estruturados como uma árvore, que possui um tronco principal do qual partem ramos e galhos. A opção pela metáfora da árvore captura a concepção e organização desses direitos.

Construídos coletivamente ao longo de sucessivas reuniões, debates, em encontros em todas as regiões de São Paulo, há Direitos de Aprendizagem que se referem a aspectos essenciais da construção do conhecimento científico. Eles devem ser trabalhados ao longo de todo o ensino fundamental e constituem um tronco comum, que sustenta o componente curricular, da mesma forma que um tronco sustenta a copa ramificada de uma árvore.

Outros três grupos de direitos se referem a aspectos mais específicos, ligados à cidadania, sustentabilidade e a fatos e fenômenos do universo a nossa volta. Tais direitos podem ser exercidos de maneira concentrada em diferentes bimestres/semestres/anos, paralelamente aos da parte comum.

Adicionalmente, há que se considerar que a árvore é um organismo vivo, em constante desenvolvimento, e que transforma ao mesmo tempo em que se adapta ao seu entorno. Os ramos de uma árvore se entrelaçam e se superpõem, assim como nossos direitos; na verdade, a categorização e compartimentalização do conhecimento – e dos direitos – em eixos fixos seriam, em certa medida, artificiais e arbitrarias. Finalmente, a ideia de organizar os direitos como uma árvore insinua seu aspecto inacabado: os direitos aqui propostos apontam uma direção, e algumas escolhas. Sua materialização somente ocorrerá na relação pedagógica diária entre educadores e educandos.



4.1 Tronco temático “construção do Conhecimento Científico”

O tronco de nossa árvore é sólido, e está firmemente enraizado no terreno histórico, multicultural e social, de onde inexoravelmente se alimenta. Assim é a construção do Conhecimento Científico, e os direitos aqui devem ressaltar a relação das Ciências Naturais com o mundo contemporâneo. Dessa maneira, ao longo de sua trajetória escolar, as crianças e jovens devem ter a garantia de:

- compreender o mundo e suas transformações sob o ponto de vista da ciência, apropriando-se de seus saberes para atuar criticamente em situações do cotidiano;
- reconhecer a cultura científica e relacioná-la com as concepções, vivências e visões de mundo, oriundas de diversas matrizes culturais, que antecedem e convivem com a experiência escolar;
- compreender a ciência moderna como uma construção social, histórica e cultural, analisando criticamente sua contribuição para as demandas da sociedade a cada época;
- ressignificar o Conhecimento Científico, compreendendo-o como processual e dinâmico, e tendo como características o despertar da curiosidade, o exercício criativo e a busca de explicações por meio da observação, experimentação, testes de hipóteses e registro sistematizado de dados;
- participar do debate que envolva Conhecimento Científico, desenvolvendo e utilizando sua capacidade de argumentação e compreendendo as múltiplas linguagens que compõem a construção e divulgação da Ciência;
- ter acesso a espaços diferenciados dedicados à vivência das práticas científicas na escola, como laboratório, salas de leitura e de informática;
- reconhecer as potencialidades de utilização dos espaços da

escola, seu entorno e da cidade para a aprendizagem e a produção de conhecimento relacionado à Ciência, a fim de fortalecer as relações de pertencimento da comunidade;

- frequentar espaços não formais de educação científica, tais como: planetários, museu de Ciências, parques e reservas ambientais e universidades;
- compreender a importância dos conhecimentos locais e tradicionais para a construção do conhecimento sobre temas cotidianos, com o propósito de respeitar e valorizar a diversidade étnico-racial, na perspectiva da multiculturalidade;
- refletir sobre questões bioéticas, como as ligadas à manipulação da vida humana e de outras formas de vida com finalidades científicas, econômicas, e relacionadas ao desenvolvimento de tecnologias.

4.2 Ramo temático “cidadania e qualidade de vida”

A partir do tronco principal, este ramo reúne direitos relacionados ao reconhecimento e respeito à diversidade cultural, social, étnico-racial, de gênero e orientação sexual que compõe a Cidade de São Paulo. Compreende também os direitos ao conhecimento do próprio corpo, vinculados à manutenção da saúde e bem-estar. Nesse âmbito, ao longo de sua trajetória escolar, as crianças e jovens devem ter a garantia de:

- ter reconhecida e respeitada a identidade de gênero, bem como de orientação sexual, compreendendo as suas diferentes representações históricas, sociais e culturais, isentando-as de pré-julgamentos morais ou religiosos;
- reconhecer e compreender os diferentes aspectos do sexo e da sexualidade das mais variadas espécies, como processos biológicos vitais e adaptativos;
- conhecer o funcionamento básico do corpo humano como uma unidade integrada do ponto de vista biológico, social e



cultural, entendendo aspectos essenciais para sua manutenção de modo a cultivar hábitos e comportamentos saudáveis, compondo um conceito de saúde para além da simples ausência de doença;

- desenvolver e participar de ações relacionadas ao cuidado com o bem-estar pessoal, social e ambiental, reconhecendo a importância da construção de valores de respeito e preservação dentro de uma perspectiva ética e de uma cultura de paz.

4.3 Ramo temático “sustentabilidade”

Este ramo congrega os direitos ligados ao cuidado, respeito e conservação socioambiental. Nesse âmbito, ao longo de sua trajetória escolar, as crianças e jovens devem ter a garantia de:

- reconhecer a diversidade biológica e compreender como ela surge e se mantém, a partir de relações ecológicas e evolutivas;
- compreender o impacto das relações entre produção e consumo, com possibilidades de ganhos ou prejuízos socioambientais, buscando o desenvolvimento da qualidade de vida e de tecnologias sustentáveis;
- entender o impacto das ações humanas como promotoras das alterações ambientais – sobretudo nas mudanças climáticas globais – e as consequências para os serviços ecossistêmicos de sua região, bem como a necessidade de cultivar valores ligados à conservação e de práticas comprometidas com a sustentabilidade.

SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS

Serviços ecossistêmicos, ou ambientais, formam um conjunto de benefícios gerados por ecossistemas naturais ou modificados, que frequentemente não têm valor de mercado, mas que são indispensáveis para a manutenção de populações de ambientes próximos ou distantes, sejam elas humanas ou não. São muitos os exemplos de serviços ambientais, como a ação da cobertura vegetal para a manutenção de nascentes e fontes de água, por influência direta ou indireta sobre a pluviosidade local. Em maior escala, pode-se localizar na cobertura vegetal da Amazônia um importante fator para as chuvas da região sudeste do Brasil, por exemplo.

4.4 Ramo temático “universo”

Por fim, foram agrupados nesse ramo os direitos vinculados ao conhecimento do mundo natural e suas transformações; portanto, ao longo de sua trajetória escolar, as crianças e jovens devem ter a garantia de:

- compreender as teorias de formação do universo e da formação dos sistemas abióticos e bióticos;
- conhecer as variadas formas de organização da matéria, desde a escala subatômica, relacionando-as com as diferentes teorias que procuram explicar sua existência, propriedades e interações;
- conhecer e saber aplicar as leis fundamentais que explicam as forças no universo, capazes de explicar desde o movimento dos astros até situações do cotidiano;
- compreender e aplicar as ideias da ciência sobre movimento dos corpos em diversas situações da vida real;
- apropriar-se do conceito científico de energia de modo a refletir sobre o uso da matriz energética e suas fontes alternativas, bem como suas implicações socioambientais, éticas, político-econômicas e territoriais.

CIENC

NATUR

CIENC

NATUR

ESTRATÉGIAS E AÇÕES

5

O caminho percorrido ao longo desse documento, partiu do conceitual em direção ao concreto. Nas partes II e III buscou-se identificar as bases epistemológicas do que entendemos por Ciências da Natureza. O que, ao final das contas, considera-se conhecimento científico, e qual sua relação com a Ciência ensinada na escola? Os Direitos de Aprendizagem – pedra angular dessa proposta – emergiram a partir dessa reflexão, após um longo processo organizado em torno de discussões intensas entre os muitos autores e atores envolvidos.

Como apontado no início, a interdisciplinaridade exige aproximação e criação de nexos entre os diversos componentes curriculares; entretanto, aproximar e relacionar não é o mesmo que unificar os conteúdos. Aos educadores cabe a tarefa de propiciar situações de aprendizagem favoráveis à percepção das conexões entre os fenômenos estudados, a partir das quais sínteses poderão ser construídas pelos educandos. Esse processo deve ser ativamente buscado pelos educadores em conjunto, uma vez que a interdisciplinaridade – como a capacidade de síntese – é um processo complexo, e que não ocorre espontaneamente. Do mesmo modo, cabe também ao educador apontar caminhos para o pensamento relacional, de forma que o educando compreenda as relações dos conhecimentos escolares com sua vida fora da escola, com os problemas atuais e com seu contexto social.

O objetivo desta última seção é avançar no sentido da materialização desses Direitos de Aprendizagem na efetiva prática educacional. Apresentam-se a seguir alguns relatos de práticas e experiências reais coletados da própria Rede Municipal de Ensino, com o objetivo de sugerir e ilustrar possibilidades de concretização dos direitos em situações reais de ensino-aprendizagem. Após um intenso processo de seleção, esses relatos foram escolhidos pelos formadores parceiros e assessores por serem de alguma forma emblemáticos, captando aspectos essenciais da proposta. Longe de serem prescritivos, a ideia é que esses relatos sirvam de inspiração para o

trabalho criativo e autoral das educadoras e educadores. A ideia central dos relatos descritos a seguir foi apreendida pelos Professores Luiz Otávio G. Paixão e Talita Mikola da EMEF João Domingues Sampaio, quando descrevem as práticas de seus educandos:

“A ideia principal consistia em mobilizar o conhecimento em prol da emancipação e promoção dos direitos humanos, sendo que, em nossa concepção, urge criarem-se meios para a autonomia cognitiva e social do sujeito que aprende, tendo em vista a complexa realidade do século XXI. Deste modo, o direito humano elementar à educação e à cultura foi instrumentalizado e efetivado no diagnóstico crítico da realidade e intervenção na realidade social imediata e global. Afinal, todo problema global possui articulações e soluções locais. (...)”

A transformação da realidade social foi, assim, estimulada no educando, de modo que, mais do que uma apreensão crítica da realidade promoveu-se o exercício da cidadania em um contexto de materialização dos direitos humanos em suas mais diversas acepções, sendo que cada uma delas só pode ser objetivada por sujeitos concretos que sofrem cotidianamente a negação desses mesmos direitos, ainda em vias de plena concreção em nossa complexa e desigual sociedade.”

5.1 Relatos de práticas e experiências do componente Ciências Naturais

5.1.1 Mobilidade Urbana e Bicicletário

O primeiro relato descreve um estudo da mobilidade urbana voltado ao tráfego de bicicletas e acessibilidade dos bairros Vila Guilherme, Vila Maria Alta, Vila Maria Baixa e Jardim Japão, vizinhos à EMEF João Domingues Sampaio. O trabalho trata da implantação de um bicicletário na escola. Surgiu a partir das inquietações das professoras de Ciências e História quanto às metodologias, os tempos e os espaços da escola. Diante das necessidades apontadas por alguns estudantes, e com a parceria

de uma equipe gestora democrática e participativa, elas estudaram diferentes propostas já utilizadas na Rede Municipal, e juntas – professoras e equipe gestora – optaram por elaborar um projeto no Ciclo Autoral.

Por meio de entrevistas com a comunidade, foi levantada a situação do transporte público na região e os problemas referentes à acessibilidade, como lixo em locais inapropriados e irregularidades no calçamento das principais vias que impedem a passagem dos pedestres. Além disso, os estudantes mapearam as ciclofaixas e as áreas verdes dos bairros estudados com o intuito de sugerirem um estilo de vida mais saudável e menos estressante, incentivando o uso de bicicleta como alternativa de transporte e convidando a atividades ao ar livre. Como primeiro passo para a mudança, criaram um bicicletário na escola. Aproveitando uma mostra cultural, os estudantes resolveram expandir o projeto, criando uma ouvidoria e uma consulta pública para identificar as áreas da região que possuem mais problemas de infraestrutura. Após a tabulação e análise dos dados coletados, o objetivo final é a elaboração de um documento para apresentar aos órgãos governamentais competentes reivindicando melhorias na região, com sugestões sobre quais ações devem ser tomadas, e com que prioridade.

Ao optar por trabalhar com o projeto de aprendizagem sobre mobilidade urbana, os discentes trouxeram um problema presente na comunidade da qual fazem parte e começaram a valorizar cada passo que avançava.

Trata-se de um projeto essencialmente interdisciplinar e relacional, pela própria natureza do problema investigado e da intervenção proposta. Envolveu conjuntamente as professoras de Ciências e História (entre outras coisas, discutiram o histórico dos meios de transporte em São Paulo), mas poderia facilmente envolver docentes de outros componentes, como Matemática, Língua Portuguesa, Educação Física e Artes. A professora de Geografia também participou da discussão sobre os impactos positivos e negativos da implantação de ciclovias no bairro.

Muitos conteúdos conceituais das ciências naturais foram mobilizados nesse projeto, entre eles os relacionados à ecologia urbana (como a qualidade do ar), à sustentabilidade e à saúde humana. Uma das turmas optou ainda por estudar a geração de energia elétrica com o movimento de pedaladas. O projeto desdobrou-se, então, em uma pesquisa sobre energia e suas transformações, além de conhecer melhor a forma de montagem dessa bicicleta.

Podemos perceber nesse relato as várias etapas de um processo de investigação científica, como o levantamento de um problema, a coleta e a sistematização de dados. Ele ilustra o Tronco Temático dos direitos de aprendizagem (construção do conhecimento científico).



Acervo EMEF João Domingues Sampaio.

Acervo EMEF João Domingues Sampaio.



Além da produção de texto, como forma de divulgação do trabalho realizado, os educandos gravaram um vídeo explicando os passos do projeto e citando os problemas encontrados ao longo do desenvolvimento do estudo, como lixo nas áreas verdes, lixeiras quebradas, ciclofaixas em pouca quantidade e em locais perigosos, calçadas esburacadas ou danificadas, etc. Além disso, foram feitos desenhos que participaram de um concurso e o vencedor será pintado na parede ao lado do bicicletário.

DIREITOS DE APRENDIZAGEM

Diversos Direitos de Aprendizagem foram concretizados nessa experiência, por exemplo, os direitos de: “desenvolver e participar de ações relacionadas ao cuidado com o bem-estar pessoal, social e ambiental, reconhecendo a importância da construção de valores de respeito e preservação dentro de uma perspectiva ética e de uma cultura de paz” e “apropriar-se do conceito científico de energia de modo a refletir sobre o uso da matriz energética e suas fontes alternativas, bem como suas implicações socioambientais, éticas, político-econômicas e territoriais.”

Acervo EMEF João Domingues Sampaio.



vam na pesquisa, pois entendiam seu trabalho como algo relevante e que propiciou, além do desenvolvimento da sua autonomia, possibilidades de intervenções sociais para melhorar a qualidade de vida das pessoas com as quais convivem. A ideia central do projeto sempre foi fazer com que os educandos se tornassem cidadãos conscientes dos seus deveres e direitos e principalmente, conduzi-los a pensar em soluções para injustiças e problemas que os incomodam.

A parceria com a equipe gestora foi crucial para a execução do projeto, pois foi necessário reformular tempos e espaços da escola. Para tanto, o horário de aulas foi alterado, sendo que uma vez por semana os educandos passavam todo o período de aula com a mesma professora, acompanhada dos professores de outros componentes curriculares: como o projeto tem caráter interdisciplinar, a educadora passava a atuar como se fosse uma professora polivalente, auxiliando na construção dos diversos saberes. O projeto mobilizou toda a comunidade escolar e contou com o apoio de professores, funcionários e estudantes de outras turmas para realização das atividades necessárias.

5.1.2 Experimento de Cromatografia

O primeiro contato dos educandos com as cores em situações do cotidiano passa pela observação dos alimentos, das roupas e dos objetos

em geral. Na escola, a apresentação das cores ganha a sistematização típica do conhecimento científico, que as classifica inicialmente em cores primárias, como primeira explicação para a composição das misturas, com posterior obtenção de cores secundárias e terciárias. Além disso, o estudo das cores permite ao educador abordar fenômenos naturais como a decomposição da luz no arco-íris ou ao se utilizar uma mangueira para lavar um carro, por exemplo. O professor de Ci-

ências consegue, dessa maneira, propiciar momentos de abstração sobre outros conceitos fundamentais, como o de luz.



Fotos: Daniel Arroyo

A cromatografia é um método eficiente para a separação de pigmentos, como os utilizados para colorir nas atividades escolares, além dos pigmentos comerciais e os utilizados pela indústria. O método cromatográfico em papel, como o papel filtro, é utilizado em procedimentos laboratoriais e em atividades domésticas, sendo de fácil aplicação, eficiente e rápido na obtenção de resultados. No contexto escolar, os pigmentos são apresentados aos educandos, sobretudo pelos professores de Ciências e de Artes.

Os educadores da EMEF Júlio de Grammont descrevem um relato do uso dessa técnica buscando caracterizar cores primárias e secundárias, além de identificar procedimentos de separação de misturas heterogêneas. A partir daí, construir inferências a respeito da infinidade de combinações possíveis das cores primárias.

Utilizando materiais simples – como papel de filtro para coar café, canetinhas coloridas, água e álcool –, um experimento foi desenhado com o objetivo de separar cores secundárias pelo método de cromatografia em papel. O papel filtro foi cortado em tiras, e cada canetinha foi utilizada para fazer um pequeno círculo na base de cada papel: laranja, lilás e verde. As tiras de papel foram colocadas simultaneamente, na posição verti-

Esse experimento oferece apenas algumas dentre as diversas possibilidades de interação entre Ciências e Artes. Juntamente com o professor de História, poderiam ser explorados, por exemplo, períodos como a Renascença, em que cientistas e artistas trabalharam sinergicamente. Leonardo da Vinci é um ilustre exemplo desse período.

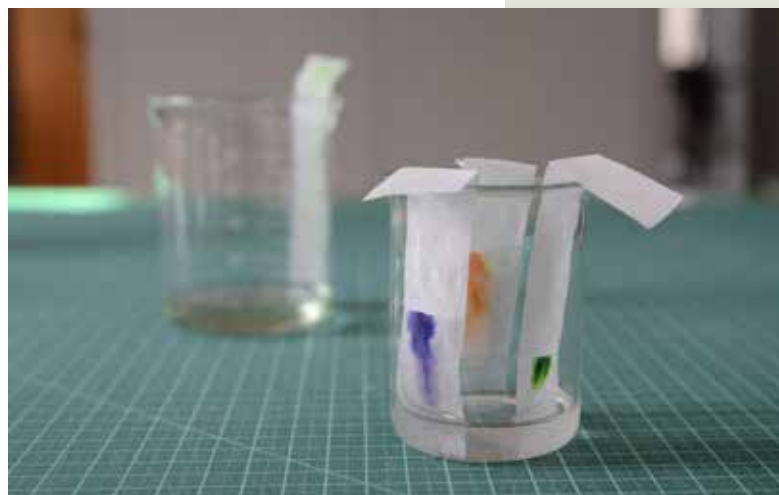


Foto: Daniel Arroyo

DIREITOS DE APRENDIZAGEM

Diversos Direitos de Aprendizagem relacionados ao tronco temático “construção do conhecimento científico” foram mobilizados aqui, como os de: “compreender o mundo e suas transformações sob o ponto de vista da Ciência, apropriando-se de seus saberes para atuar criticamente em situações do cotidiano” e “ressignificar o conhecimento científico, compreendendo-o como processual e dinâmico, e tendo como características o despertar da curiosidade, o exercício criativo e a busca de explicações por meio da observação, experimentação, testes de hipóteses e registro sistematizado de dados.”



DIREITOS DE APRENDIZAGEM

Podemos observar os direitos do ramo temático “universo”. Por exemplo, os de: “conhecer as variadas formas de organização da matéria, desde a escala subatômica, relacionando-as com as diferentes teorias que procuram explicar sua existência, propriedades e interações” e “conhecer e saber aplicar as leis fundamentais que explicam as forças no universo, capazes de explicar desde o movimento dos astros até situações do cotidiano”.

O ENSINO POR INVESTIGAÇÃO

O experimento descrito aqui tinha como objetivo principal consolidar o conhecimento teórico, possuindo mais um caráter demonstrativo do que investigativo. Embora seja uma oportunidade de encantamento, de interdisciplinaridade e de construção de conhecimento relacional, pesquisas em ensino de Ciências focadas no ensino por investigação têm ressaltado a importância do protagonismo e da liberdade dos educandos na seleção dos fenômenos e problemas pesquisados, na formulação e no teste de hipóteses, bem como na interpretação dos resultados. Essas atividades aproximam os estudantes da natureza da construção do Conhecimento Científico.

cal, em béqueres contendo pequenas quantidades de água e de álcool, de modo a permitir que tanto a água quanto o álcool pudessem ser absorvidos pelo papel. Os estudantes conseguiram observar que, à medida que iam ficando úmidas pela água ou pelo álcool, as cores formavam borrões, seguindo verticalmente em direção à entrada de cada béquer, em cores separadas. O laranja foi desmembrado em amarelo e vermelho; o lilás em azul e rosa e; o verde, em amarelo e azul.

Desse modo, a combinação de cores ficou evidente pela separação cromatográfica. Os estudantes interagiram argumentando que já tinham estudado em Artes a combinação de cores, e que se tratava de cores primárias combinadas para formar cores secundárias. Entretanto, eles não sabiam que era possível separar essas cores por meio de um método simples. Os educandos foram provocados a ler no livro de Ciências sobre a propriedade de capilaridade da água e do álcool. Além disso, houve a constatação de que a evaporação do álcool é diferente da evaporação da água, consolidando os conceitos de ponto de fusão e ponto de ebulição das substâncias.

Terminada a corrida das cores com a separação final, os papéis foram dispostos na mesa do professor, permitindo verificar a eficiência da água e do álcool para

a separação das cores. Muitos estudantes quiseram tirar fotos para registrar, comemorando a possibilidade de usar o método para fazer cartões, dentre outros objetos decorativos. Assim, a cromatografia em papel foi eficiente para consolidar os conhecimentos científicos sobre a combinação de cores, já construídos no componente curricular de Arte, levando à formulação de conceitos científicos complexos.

5.1.3 Educação Ambiental e Inclusão

Os educadores de Ciências e Geografia da EMEBS Profa. Neusa Bassetto descrevem uma prática que visou relacionar as etapas do processo produtivo dos alimentos e dos hábitos da sociedade contemporânea às alterações ambientais e suas consequências. Também buscaram identificar e analisar comportamentos que promovem riscos ao meio ambiente e discutir o valor intrínseco dos seres vivos. Dessa forma, visavam à conscientização dos educandos como agentes influentes em mudanças ambientais por meio do confronto de ideias. No que tange à linguagem, uma vez que se trata de uma escola de educação para surdos, o projeto tinha como objetivo interpretar em Libras, leituras feitas a partir de interpretações de vídeos e imagens estáticas, e também de promover a construção de registros em Língua Portuguesa escrita. Além disso, tinha como finalidade construir releituras e esquemas com imagens, desenvolvendo a habilidade argumentativa por meio de debates.

Para poder fazer um trabalho conjunto, os professores tiveram que analisar seus horários, seus conhecimentos sobre os estudantes, o potencial de colaboração entre as disciplinas e as turmas (quais poderiam ser agrupadas e organizadas de acordo com as coincidências de horários – preferencialmente, entre turmas de anos diferentes). Uma vez que os horários para elaboração de atividades dos professores nem sempre coincidiam. Semanalmente, um dia antes dos encontros, eles se reuniam para planejar, avaliar e replanejar as propostas e resultados, após o horário da JEIF.



Fotos: Adriana Caminiti

Alguns temas dos conteúdos de Geografia e de Ciências são comuns, e os educadores perceberam a possibilidade de trabalhar em conjunto. Eles entendem que a separação por disciplinas fragiliza tanto a relação entre os professores quanto entre os estudantes e, por isso, sentiam necessidade de ampliar experiências de docência compartilhada, propondo temas relevantes à aprendizagem, bem como às interações sociais por vieses transdisciplinares.

O relato descreve também uma rica experiência da prática docente no rompimento de barreiras disciplinares da escola, como os horários de aulas e os agrupamentos por anos dos ciclos – consequentemente, das paredes das salas de aula. Experimentaram e ampliaram, desse modo, a percepção individual sobre a abrangência das disciplinas (Ciências e Geografia).

Ao mesmo tempo, utilizaram as construções dos estudantes como pistas para a proposição e organização da sequência de atividades.

A partir do tema gerador “Impactos ambientais e nossa participação no processo”, foi exibida a animação “Man”, de Steve Cuts. Após isso, em grupos, os estudantes responderam questões de localização, interpretação e reflexão, tanto em Libras quanto em Língua Portuguesa escrita. Então, por meio de imagens impressas de cenas do filme, montaram uma sequência e recontaram a história em Libras e, ao final, deram sua própria interpretação do filme, respondendo a seguinte questão: “para você, qual é a mensagem principal da animação?” Foi feita a filmagem de um estudante de cada grupo. A próxima etapa foi de autoavaliação em relação à participação na atividade anterior, e foi realizada a filmagem de todos os educandos participantes do projeto. Explicaram então como foi seu envolvimento na atividade e como interagiu com o grupo. Com base nas observações das filmagens, os educadores perceberam que um ponto recorrente nas releituras era a morte de animais para consumo de carne. Assim, selecionaram imagens e filmes sobre a indústria pecuária (criação e matadouro) e expansão da fronteira pecuária (desmatamento para aumento de pastagens). Os estudantes assistiram aos materiais, analisaram imagens e, com elas,

construíram painéis, considerando etapas, desde o pasto até a carne para consumo.

Podemos perceber o uso intensivo de múltiplas linguagens nesse projeto, por meio de vídeos, imagens, escrita e Libras.

A etapa final envolveu uma análise da responsabilidade pelo desmatamento e morte de gado,

orientadas por uma releitura das perguntas anteriormente utilizadas; voltadas, contudo, ao estímulo de reflexões sobre ética. Dentre os possíveis responsáveis, três foram os apontados: o empresário, o funcionário que

executa os animais e o consumidor final. A partir dos três responsáveis apontados, realizaram um debate em Libras, onde cada grupo representou um deles, tendo que se defender das acusações e, ao mesmo tempo, acusar os demais pela morte dos animais. A cada etapa eram analisados os registros dos educandos, era feita uma avaliação do trabalho e da atividade, e então planejada a atividade seguinte. O feedback dos educandos mostrava o caminho a seguir, de modo a manter o foco nos dois objetivos principais:

- Estimular e conscientizar os estudantes quanto à interação como meio para a construção de conhecimento e mudanças sociais.
- Promover a percepção de que todos podem ser agentes influentes de mudanças ambientais.

DIREITOS DE APRENDIZAGEM

Os Direitos de Aprendizagem mobilizados nesse projeto relacionam-se majoritariamente ao Ramo Temático “Sustentabilidade”. Dentre eles, os de: “compreender o impacto das relações entre produção e consumo, com possibilidades de ganhos ou prejuízos socioambientais, buscando o desenvolvimento da qualidade de vida e de tecnologias sustentáveis” e “entender o impacto das ações humanas como promotoras das alterações ambientais – sobretudo nas mudanças climáticas globais – e as consequências para os serviços ecossistêmicos de sua região, bem como a necessidade de cultivar valores ligados à conservação e de práticas comprometidas com a sustentabilidade”.

5.1.4 Horta na Escola

Existem muitos relatos de sucesso na implantação de projetos de hortas nas Unidades Educacionais da Rede Municipal, como por exemplo, na EMEI Isa Silveira Leal e na EMEF Prof. Paulo Gonçalo dos Santos. A construção

Os projetos de horta são uma excelente oportunidade de co-operação entre equipe gestora, equipe de apoio e equipe docente.



Os projetos de hortas escolares são propícios para avançar nos conteúdos conceituais sobre plantas e seu desenvolvimento, alimentos orgânicos, hábitos alimentares, agrotóxicos, poluição ambiental, fatores bióticos e abióticos, composição geofísica do solo, clima, estações do ano.

EMEF Pedro Geraldo Schunck

de uma horta – concebida como uma ação comunitária e com benefícios para a saúde e para o meio ambiente – é simples e pode ser realizada com poucos recursos. Os diversos projetos ressaltam a horta como elemento promotor do comprometimento das crianças com o ambiente escolar e com o cuidado com as relações humanas que se traduzem em respeito e carinho consigo mesmo, com o outro e com o mundo. E ainda a reflexão sobre o ambiente que nos cerca e o repensar de responsabilidades e atitudes de cada um de nós; isso gera processos educativos ricos, contextualizados, significativos para educadores e educandos. Essas vivências podem transformar pequenos espaços da escola em cantos de muito encanto e aprendizado.

Os educandos podem pesquisar quais produtos de uma horta gostariam de plantar e colher. Construir os canteiros e preparar a terra, montar as sementeiras, a estufa e plantar as mudas. Além disso, podem acompanhar cada etapa anotando, pesquisando e tirando dúvidas. Podem também investigar a produção de anti-pragas naturais. As regas e observações devem ser periódicas, pois cada canteiro possui uma dinâmica diferente de desenvolvimento. Quando a colheita acontece os estudantes



Foto: Adriana Caminiti

EMEF Pedro Geraldo Schunck

podem realizar a distribuição dos alimentos – alface lisa e crespa, tomate, rabanete, salsinha e cebolinha – para todos os envolvidos no projeto, com degustação na cozinha. O excedente pode ser levado para casa.

A educação ambiental – que inclui também a educação alimentar – ensina procedimentos que podem ser incorporados à vida cotidiana, como cultivar alimentos orgânicos e preparar alimentos mais saudáveis, além de estimular práticas de vida saudável, objetivando a melhoria da qualidade de vida de toda comunidade. Concomitantemente à implementação da horta, outras ações de incentivo aos estudos da relação da alimentação com as práticas de vida saudável podem ser adotadas, tais como: visita a feiras livres para escolha de alimentos a serem utilizados em aulas de culinária, degustação de alimentos *in natura*, troca de utensílios de plástico por talheres de metal e pratos de vidro nas refeições servidas na Unidade Educacional, análise do cardápio da alimentação escolar, reflexão por meio de documentários (como “Super Size Me” e “Muito Além do Peso”, por exemplo), produção de livros de culinária saudável com reaproveitamento de cascas e folhagens, estímulo a lanches comunitários saudáveis entre professores e funcionários nas Reuniões Pedagógicas, e estímulo à prática de atividades físicas.

DIREITOS DE APRENDIZAGEM

Os Direitos de Aprendizagem concretizados aqui são, entre outros, os de: “reconhecer as potencialidades de utilização dos espaços da escola, seu entorno e da cidade para a aprendizagem e a produção de conhecimento relacionado à ciência, a fim de fortalecer as relações de pertencimento da comunidade”, “desenvolver e participar de ações relacionadas ao cuidado com o bem-estar pessoal, social e ambiental, reconhecendo a importância da construção de valores de respeito e preservação dentro de uma perspectiva ética e de uma cultura de paz” e “compreender o impacto das relações entre produção e consumo, com possibilidades de ganhos ou prejuízos socioambientais, buscando o desenvolvimento da qualidade de vida e de tecnologias sustentáveis.”



Foto: Adriana Caminiti

EMEF Pedro Geraldo Schunck

É queixa comum na Rede o fato de que as hortas escolares acabam por ficar sob “responsabilidade” exclusiva do professor de Ciências. Na verdade, esse tipo de projeto provê uma formidável abertura para a interdisciplinaridade. O professor de Geografia pode, por exemplo, abordar as questões ligadas à produção de alimentos, à agricultura familiar e ao uso e ocupação do solo. O professor de História pode discutir, nesse contexto, o papel da agricultura na formação das sociedades humanas. O professor de Língua Portuguesa pode auxiliar a elaboração de livros de culinária com receitas saudáveis. Já o professor polivalente tem na horta da escola um ambiente rico de aprendizagem.



CIENC

NATUR

REFERÊNCIAS

- ABRANTES, A.C.S.; AZEVEDO, N. O Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura e a institucionalização da ciência no Brasil, 1946-1966. **Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cienc. Hum.**, Belém, v.5, n.2, p. 469-489, maio-ago. 2010.
- AIKENHEAD, G. S. **Educação científica para todos**. Lisboa: Edições Pedagogo, 2009.
- ALLCHIN, D. **Teaching the nature of science**: perspectives & resources. St. Paul. SHIPS Education Press, 2013.
- BIZZO, N. **Mais ciência no ensino fundamental**: metodologia de ensino em foco. São Paulo: Ed. do Brasil, 2010.
- BIZZO, N.; PELLEGRINI G. **Os jovens e a ciência**. Curitiba: CRV, 2013.
- BOSI, A. **Dialética da colonização**. São Paulo: Cia das Letras, 1992.
- BYBEE, R. **The Sputnik Era**: why is this educational reform different from all other reforms? Conferência final apresentada no evento “40 Anos do Sputnik”. Washington, D.C., 1997. Disponível em: <www.nationalacademies.org/sputnik/bybee.doc>. Acesso em: 10 nov. 2015.
- CAMPOS, G.N. **Transferência de tecnologia para o Brasil por escravos africanos**. Disponível em: <<http://www.arqueologia-iab.com.br/publications/download/14>>. Acesso em: 10 nov. 2015.
- CARVALHO, L.R. **As reformas pombalinas da instrução pública**. São Paulo: EDUSP; Saraiva, 1978.
- CARVALHO, P. S., SOUSA, A. S., PAIVA, J., FERREIRA, A. J. **Ensino experimental das Ciências** - um guia para professores do Ensino secundário. Física e Química, V. Porto Editorial, Porto, 2012.

CHALMERS, A.F. **O que é Ciência Afinal?** São Paulo: Brasiliense (1993).

CHEN, S. Development of an instrument to assess views on nature of science and attitudes toward teaching science. **Science Education**, n. 90, p. 803-819, 2006.

CLEMENT, C.R.; DENEVAN, W.M.; HECKENBERGER, M.J.; JUNQUEIRA, A.B.; NEVES, E.G.; TEIXEIRA, W.G.; WOODS, W.I. The domestication of Amazonia before European conquest. **Proc. R. Soc. B**, v. 282, august 2015.

CUNHA, L.A. **Educação e religiões: a descolonização da escola pública**. Belo Horizonte: Mazza, 2013.

DEAN, W.A. **Ferro e fogo: a história e a devastação da Mata Atlântica Brasileira**. São Paulo: Companhia das Letras, 2000.

DENEVAN, W.M. Estimating Amazonian Indian numbers in 1492. **J. Latin Am. Geogr.**, v. 13, p. 203-217, 2014.

FAUSTO, B. **História do Brasil**. São Paulo: EDUSP, 1995.

FEYERABEND, P. **Contra o método**. São Paulo: Editora da UNESP, 2011.

FILGUEIRAS, C.A. **Origens da Química no Brasil**. Campinas: Editora da Unicamp, 2015.

FILGUEIRAS, C.A.L. A evolução da Química vista de uma perspectiva brasileira. In: SANTOS, C.A.S. (Org.). **Energia e matéria: da fundamentação conceitual às aplicações tecnológicas**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2015. p. 239-263.

FLECK, L. **The genesis and development of a scientific fact**. Chicago: University of Chicago Press, 1979.

FRANCO, C.; BONAMINO, A. O ENEM no contexto das políticas para o ensino médio. **Química Nova na Escola**, v. 10, p. 26-31, nov. 1999.

HANSON, N.R. **Patterns of discovery: an inquiry into the conceptual foundations of science**. Cambridge: Cambridge University Press, 1958.

HARLEN, W. (Ed.). **Principles and big ideas of science education**. Gosport: Ashford Colour Press, 2010.

HEMMING, J. **Red Gold: the conquest of the Brazilian Indians**. London: Macmillan, 1978.

HERSON, B. **Cristãos novos e seus descendentes na medicina brasileira (1500-1850)**. São Paulo: EDUSP, 2003.

JENKINS, E.W. **From Armstrong to nuffield: studies in twentieth-century science education in England and Wales**. London: John Murray, 1979.

KRASILCHIK, M. Trajetória de uma professora de Biologia. In: CARVALHO, A.M.; CACHAPUZ, A.F.; PEREZ, D.G. (Org.). **O ensino de Ciências como compromisso político e social: os caminhos que percorremos**. São Paulo: Cortez, 2012. p.125-142.

KUHN, T.S. **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo: Perspectiva, 2010.

LAKATOS, I.; MUSGRAVE, A. **A crítica e o desenvolvimento do conhecimento**. São Paulo: Cultrix, 1979.

LEDERMAN, N.G.; ABD-EL-KHALICK, F.; BELL, R.L.; SCHWARTZ R.S. **Views of nature of science questionnaire: toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science**. Journal of Research in Science Teaching, n. 39, p.497-521, 2002.

LEITE, J.N.; LEITE, C.S.G. **Alexandre Rodrigues Ferreira e a formação do pensamento social na Amazônia**. Estud. Av., São Paulo, v. 24, n.68, p. 273-289, 2010.

LINNAKYLÄ, P. Educação em ciências na Finlândia: atingindo alta qualidade e promovendo a igualdade. Pp 45-64 in IN R. DURAND (org), **Ciência e Cidadania: seminário internacional ciência de qualidade para todos**. Brasília: UNESCO, 2005.

MARQUES, V.R.B. **Natureza em boiões: medicinas e boticários no Brasil setecentista**. Campinas: Ed. da UNICAMP, 1999.

_____. **Escolas de homens de ciências: a academia científica do Rio de Janeiro, 1772-1779**. Educar (Curitiba):25; 39-57, 2005.



MARTINS, T.S. **A convenção sobre o Comércio Internacional das Espécies da Fauna e Flora Selvagens em Perigo de Extinção (CITES) e sua implementação no Brasil:** das expectativas de proteção à mercantilização da vida. 2007. 206 f. Dissertação (Mestrado em Direito)-Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

MATTHEWS, M.R. Changing the focus: from natures of science (NOS) to features of science (FOS). In: KHINE, M.S. (Ed.) **Advances in nature of science research:** concepts and methodologies. Springer, 2012.

MELATTI, J.C. **Índios do Brasil.** São Paulo: EDUSP, 2007.

NUFFIELD FOUNDATION, **Biologia:** A diversidade dos seres vivos. Tradução de Nadya Gonçalves Rosa Lotti. São Paulo: EDART, 1976.

PENNY, H.G. **The Politics of Anthropology in the Age of Empire:** German Colonists, Brazilian Indians, and the Case of Alberto Vojtech Fric. *Comparative Studies in Society and History*, v. 45, n. 2, p. 249-280, 2003.

POPPER, K.R. **A Lógica da pesquisa científica.** São Paulo: Cultrix, 2013.

POPPER, K.R. **Conjecturas e refutações.** Brasília: Editora da UnB, 1963/1987.

PRESTES, M.E.B. **A Investigação da Natureza no Brasil-Colônia.** São Paulo: Annablume/FAPESP, 2000.

SCHWEGLER, S.J. **Academic freedom and the disclaimer affidavit of the National Defense Education Act:** the response of higher education. 1982. Dissertation: Teacher's College, Columbia University, New York, 1982.

SHIVA, V. **Biopirataria:** a pilhagem da natureza e do conhecimento. Rio de Janeiro: Vozes, 2001.

SOLINAS, M. **L'impronta dell'Inutilità:** dalla Teleologia di Aristotele alle Genealogie di Darwin. Firenze: Edizioni ETS, 2012.

VILHENA, C.P.S. Práticas eugênicas, medicina social e família no Brasil Republicano. **Revista da Faculdade de Educação**, São Paulo, v. 19, n.1, p.79-92, 1993.

Consulte as obras disponíveis na Biblioteca Pedagógica da
Secretaria Municipal de Educação.
<http://portal.sme.prefeitura.sp.gov.br/biblioteca-pedagogica>
e-mail: smecopedbiblioteca@prefeitura.sp.gov.br
Telefone: 55 11 3396-0500

TOS

ZAÇEM

Editorial**Centro de Multimeios | SME**

Magaly Ivanov

Revisão - Biblioteca Pedagógica | CM | SME

Roberta Cristina Torres da Silva

Projeto Gráfico - Artes Gráficas | CM | SME

Ana Rita da Costa

Editoração - Artes Gráficas | CM | SME

Angélica Dadario

Cassiana Paula Cominato

Fernanda Gomes Pacelli



**PREFEITURA DE
SÃO PAULO**
EDUCAÇÃO

A Coleção Componentes Curriculares em Diálogos Interdisciplinares a Caminho da Autoria, fruto de um movimento coletivo, articulado sob a premissa de uma escuta sensível e do diálogo constante, onde se destacam a autoria e o protagonismo das(dos) profissionais nas diversas instâncias da Rede Municipal de Ensino de São Paulo.

Nesse caminhar, incorporando diferentes vozes e olhares, priorizamos um currículo crítico, inclusivo, descolonizado e emancipatório. Tal postura se legitima pelo compromisso político na garantia dos Direitos de Aprendizagem, inalienáveis, de todas as crianças e jovens desta cidade, estas e estes compreendidas(os) como sujeitos potentes e autônomos em suas integralidades, razões indispensáveis na construção de um processo educativo interdisciplinar que tenha significado e que dê sentido à vida, numa atuação incansável por uma sociedade cada vez mais democrática, justa, que reconheça as múltiplas diferenças e pluralidades como fatores de enriquecimento das possibilidades educativas.

O nosso intuito é que as reflexões e proposições contidas nestas páginas mobilizem e promovam debates e possíveis ressignificações nos diferentes tempos e espaços educativos, fortalecendo assim a escola laica, sempre aberta à comunidade e orientada na implementação e consolidação da política pública educacional, garantindo a Qualidade Social da Educação.