

REGINA MARIA PAVANELLO

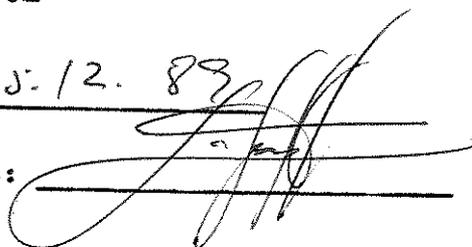
O ABANDONO DO ENSINO DE GEOMETRIA:
UMA VISÃO HISTÓRICA

Este exemplar corresponde à redação final
da Dissertação defendida por Regina Maria
Pavanello e aprovada pela Comissão Julga-
dora em

Data:

15.12.89

Assinatura:



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE EDUCAÇÃO

1989

Dissertação apresentada como exigência parcial para obtenção do grau de Mestre em Educação (Metodologia do Ensino) à Comissão Julgadora da Universidade Estadual de Campinas sob a orientação do Professor Doutor Lafayette de Moraes.

Comissão Julgadora

Aneli - Domingues de Castro

Benedicta Gomes

[Signature]

In memoriam

- de meu avô, Paulo Crippa, que me mos
trou a importância de ver além das
aparências;
- de minha primeira mestra, Arinda Wadt
Pimenta, que alimentou meu interesse
pelo conhecimento.

— Agradecimentos

Ao Lafayette, mais que orientador, um incentivador e o amigo de todas as horas, o meu agradecimento sincero.

Um agradecimento especial: aos integrantes da banca do Exame de Qualificação, Profa.Dra. Amélia Domingues de Castro e Prof. Dr. Eduardo Sebastiani, que examinaram com tanto carinho meu trabalho e ofereceram valiosas sugestões para sua elaboração final; ao Prof. Dr. Benedito Castrucci, que me forneceu informações preciosas sobre o ensino da geometria no Brasil, fundamentais para a realização deste trabalho.

Muitas foram as pessoas que, de alguma forma, contribuíram para este trabalho. A elas o meu obrigado.

Agradeço aos amigos que me incentivaram, em especial a Susana Zinner, que me ajudou a datilografar a versão preliminar desta dissertação e a Amarilis Pavoni, que abdicou de suas horas de lazer para a revisão do texto.

Obrigada à Tereza Pujol, que se encarregou da datilografia.

— RESUMO

A análise histórica do que aconteceu, no Brasil e no mundo, com o ensino em geral torna evidente que a luta pelo conhecimento pode ser vista como uma luta pelo poder.

As decisões relativas ao ensino não podem, pois, serem vistas como desvinculadas do contexto histórico, político e social.

O ensino de certas disciplinas, importantes para a formação dos indivíduos, foi negligenciado, e não por acaso.

Este trabalho mostra como este fato se deu com relação ao ensino da geometria.

— SUMÁRIO

	pág.
INTRODUÇÃO -----	2
I. O PROBLEMA -----	5
1. A situação tal como se apresenta -----	5
2. As indagações -----	8
3. À procura das causas -----	10
Notas -----	20
II. BUSCANDO NA HISTÓRIA -----	21
1. Como se desenvolve a geometria -----	21
2. Os tempos modernos -----	51
2.1. Os séculos XIX e XX e a industrialização-----	51
2.2. O desenvolvimento da ciência -----	56
2.3. O acesso à educação -----	68
2.4. O ensino da matemática: o caso da geome- tria -----	83
Notas -----	102
III. A REALIDADE BRASILEIRA -----	117
1. O Brasil do século XX e o processo de indus- trialização -----	117
2. A educação no Brasil contemporâneo -----	128
3. O ensino de matemática no Brasil: a geometria	148
Notas -----	167
IV. CONSIDERAÇÕES FINAIS -----	180
1. Por que ensinar geometria? -----	180
2. Conclusões -----	184
Notas -----	186
BIBLIOGRAFIA -----	188

INTRODUÇÃO

Embora a matemática seja, cada vez mais, imprescindível às atividades humanas, seu ensino, no entanto, apresenta-se hoje como um dos principais problemas da escola, já que, muitas pessoas, mesmo entre aquelas bem dotadas intelectualmente, depois de estudarem essa disciplina por muitos anos, ainda encontram dificuldades nas questões que envolvem noções elementares de matemática, como a adição de frações, o cálculo de porcentagens ou o da área de um terreno qualquer, ou ainda o do volume de um recipiente.

Quanto ao ensino de geometria, o problema torna-se ainda mais grave: constata-se que ele vem gradualmente desaparecendo do currículo real das escolas.

Será que este conhecimento não é necessário ao homem moderno? Terá a geometria perdido sua importância do ponto de vista educacional? Que outros motivos fizeram com que ela fosse praticamente expulsa da sala de aula?

Estas questões levaram-me à pesquisa cujos resultados deram origem à esta dissertação.

No primeiro capítulo trato do abandono do ensino de geometria e coloco as indagações a que a constatação deste fato me conduziu. A seguir, explicito as principais objeções levantadas por matemáticos com relação à geometria (e, conseqüentemente, a seu ensino) e discuto a validade das mesmas.

Uma vez que as justificativas apresentadas para a não priorização da geometria mostram-se discutíveis, mesmo do ponto de vista estritamente matemático, recorro, no segundo capítulo, à história, que fornece subsídios para se entender como se desenvolveu esse conhecimento e qual o papel desempenhado por ele na elaboração do conhecimento matemático e na formação dos indivíduos. Nesse capítulo, traço, em linhas gerais, os avanços apresentados com relação à geometria desde os primórdios da civilização, relacionando, na medida do possível, o meio cultural onde esses avanços se processam, quem os produz e quem a ele tem acesso. Analiso, em especial, o que acontece nos dois últimos séculos, porque é nos séculos XIX e XX, que tem lugar acontecimentos muito importantes do ponto de vista da matemática: são descobertas as geometrias não euclidianas e se completa a algebrização de geometria e, depois, porque é a partir do século XIX que grandes transformações se processam na sociedade, na ciência e na educação pela consolidação do modo capitalista de produção em sua fase industrial. Neste capítulo explicito como se dão as relações entre conhecimento, sociedade e educação.

No terceiro capítulo, examino especialmente como se dão tais relações no Brasil do século XX — quando aqui acontece o processo de industrialização e suas consequências em relação ao ensino de geometria.

No quarto e último capítulo analiso alguns pontos referentes à contribuição da geometria à formação dos indivíduos e indico a necessidade de pesquisas que aprofundem esta questão, para que se possa, por fim, investigar quais os conteúdos de geometria — e que abordagem — podem contribuir de forma mais eficaz para essa formação.

I — O PROBLEMA

"A sociedade humana é feita pelo homem, logo, o homem pode compreendê-la".

Vico

1. A situação tal como se apresenta

Trabalhando como professora de matemática da rede oficial de ensino de São Paulo, desde 1967, pude observar, principalmente a partir de meados da década seguinte, que os alunos de 1º e 2º graus demonstravam, a cada ano, menor conhecimento dos conceitos geométricos elementares. Muito embora conhecendo de cor certas definições ou os enunciados de alguns teoremas — como, por exemplo, o de Pitágoras — raramente conseguiam aplicá-los para a resolução de problema. Pelo que pude observar, os entes geométricos a que tais enunciados se referiam não pareciam possuir, para os alunos, qualquer elemento de realidade, nem podiam ser concretizados por meio de um tipo qualquer de representação. Evidentemente, esses alunos não se sentiam capacitados para efetuar construções geométricas.

No início da década de 80, trabalhando, como monitora, com professores de matemática de 1º e 2º graus, num projeto de capacitação de docentes, promovido pela Secretaria de Estado da Educação de São Paulo, observei

que bem poucos dos participantes desses cursos incluíam geometria entre os temas a serem abordados em suas aulas. Muitos afirmavam não se sentirem animados a fazê-lo por se acharem incapacitados para essa tarefa, pois não dominavam nem o conteúdo (alguns confessavam não haverem jamais estudado o assunto ou o fizeram de modo insatisfatório) nem a maneira de desenvolvê-lo com seus alunos. Dentre aqueles que incluíam geometria entre os tópicos a serem desenvolvidos em sala de aula, muitos afirmavam que, por falta de tempo, não conseguiam chegar a abordá-la nem parcialmente. Quando indagados sobre a época do ano reservada para este assunto, respondiam, invariavelmente, ser o último bimestre, ou na melhor das hipóteses, o último trimestre do ano letivo, o que parecia indicar que, conscientemente ou não, a falta de tempo estava sendo usada como desculpa para a não realização do trabalho com geometria.

Esse costume de programar a geometria para o final do ano letivo é, de certo modo, reforçado pelos livros didáticos que, pelo que pude observar, abordam esse tema quase sempre por último, dando a impressão de que esta é a programação mais conveniente.

A análise do que vem ocorrendo com o ensino de geometria nas escolas de 1º e 2º graus tem levado a se ponderar, até, que este conteúdo continua a ser abordado somente porque questões relativas a ele são ainda propostas nos exames vestibulares às Universidades oficiais.

Tal consideração nao me parece descabida quando se leva em conta que, em discussões sobre a reformulação dos currículos das escolas públicas de S.Paulo, realizadas em julho de 1987, os professores chegaram a propor que a geometria fosse tratada como uma disciplina à parte, com esta denominação ou como desenho geométrico¹. Embora podendo interpretar esta proposta como uma forma indireta de os professores de matemática assegurarem para si um número maior de aulas dentro da grade curricular, uma outra conclusão me parece também pausível: estes professores não se sentem capacitados para efetuar qualquer trabalho com este conteúdo, preferindo transferir este encargo para outro profissional. O que me parece grave, no entanto, é o fato de sequer questionarem se é possível ou, melhor ainda, se é desejável, do ponto de vista pedagógico ou matemático, trabalhar este tema isolado dos demais conteúdos matemáticos.

A insegurança de grande parcela de professores se revela pelos insistentes pedidos de que cursos de geometria sejam realizados dentre os cursos de reciclagem e efetuados pelas Universidades oficiais, através de convênio com a Secretaria de Educação ou dentre os oferecidos pelas Delegacias de Ensino. E a procura por eles é bastante elevada, como o é, também, pelos cursos promovidos por outras entidades ou instituições, muitos dos quais não gratuitos.

A situação aqui exposta pode ser resumida em dois pontos:

- . dia-a-dia ensina-se menos geometria em nossas escolas públicas de 1º e 2º graus — e também nas de 3º, tendo-se em conta o despreparo confesso dos professores;
- . para os mestres, o abandono do ensino de geometria não é aceito com tranqüilidade.

E foi esta situação que levou-me às indagações que originaram o presente trabalho.

2. As indagações

Uma vez constatada a inexistência de um trabalho com geometria nas escolas de 1º e 2º graus, pus-me a indagar quando se iniciou esse descaso e quais teriam sido as causas que concorreram para que se chegasse a tal situação. A intranqüilidade dos professores, as pesquisas em andamento aqui e, principalmente, no exterior, levaram-me a refletir sobre a importância desse ensino: se ele é realmente necessário à formação dos indivíduos e se sua contribuição é indispensável e não substituível por outro componente curricular.

Tentando encontrar respostas para minhas indagações, verifiquei não existirem trabalhos — ou, se existem, não os descobri — que tratem do assunto, a não ser alguns comentários sobre a relação entre a falência do ensino de geometria e o despreparo do professor, sem, no

entanto, questionar sobre as razões desse despreparo. Embora este ensino venha se mostrando problemático — não só no Brasil, como no resto do mundo — de modo que vem sendo objeto de muito debate e de muitas pesquisas², estas, me parece, se concentram no "como" ensinar este conteúdo. Em poucos trabalhos são aventadas algumas razões pelas quais ele deve ser ensinado.

No Brasil, até hoje, bem pouco tem sido feito para incentivar o ensino da geometria a não ser alguns cursos de reciclagem para professores e a divulgação de materiais elaborados em outros países. Na maioria das vezes, no entanto, tais cursos não têm satisfeito a sua população alvo, pois limitam-se a desenvolver o conteúdo a nível de 3º grau, não encaminhando a discussão para o dia-a-dia da sala de aula.

Quanto aos materiais, estes nem sempre podem ser adaptados à realidade da escola pública brasileira, com seus problemas crônicos de falta de recursos, professores sobrecarregados de trabalho, mal remunerados e com absoluta falta de orientação pedagógica...

Desta forma, embora considerando o mérito das pesquisas sobre como ensinar geometria — principalmente se esta é, de fato, indispensável à formação do educando — propus-me, neste trabalho, a me deter especificamente nas questões:

- . por que, quando e como o ensino de geometria foi relegado a segundo plano?
- . que prejuízos isto pode acarretar à formação do aluno?

Acredito que seja importante ressaltar que, à medida que me empenhei em responder a estas questões, pude perceber não serem elas independentes, mas estarem intimamente relacionadas, de modo que responder a uma delas implica em fornecer subsídios para a resposta à outra, e que, mais ainda, as conclusões deste trabalho dão pistas com relação ao como ensinar geometria — sendo ela tão importante à educação como se acreditava em épocas passadas, quando se atribuía a seu estudo a formação intelectual dos indivíduos, o desenvolvimento da capacidade e de hábitos de raciocínio e, portanto, dos processos da inteligência.

3. A procura das causas

Se é verdade que a cada dia se ensina menos geometria em nossas escolas de 1º e 2º graus — principalmente nas públicas — o mesmo fato tem sido observado, a nível mundial, no último século e meio. Davis & Hersch observam em A Experiência Matemática (1985; 351) que os

elementos geométricos e cinestéticos vêm, progressivamente, cedendo lugar, nos últimos 150 anos, a preocupações com o formal, com o simbólico, o verbal e o analítico — tanto na educação, como na pesquisa matemática.

As explicações dos matemáticos sobre os motivos que teriam levado à desenfaturização do ensino de geometria — basicamente a euclidiana — nos diferentes graus de ensino concentram-se em torno de questões geralmente relacionadas com o rigor, a visualização e o que se poderia chamar de subordinação da geometria à álgebra.

Quanto à questão do rigor, alega-se que o tratamento dado à geometria euclidiana não é suficientemente rigoroso.

A preocupação com o rigor — acentuada no século XIX, quando vários matemáticos se impuseram sanar as obscuridades e a falta de um tratamento rigoroso para o cálculo diferencial, que experimentara um enorme desenvolvimento no século anterior com Newton e Leibniz — aliada ao debate sobre as geometrias não-euclidianas — desenvolvidas, no início desse século, por Gauss, Bolyiaí, Lobachewsky e Riemann, trabalhando separadamente — levaram os matemáticos a um exame mais atento dos procedimentos utilizados por Euclides nos Elementos.

Percebeu-se, então, que esta obra, considerada por milênios o modelo de apresentação rigorosa da matemá-

tica, apresentava — de acordo com uma visão mais moderna — certos defeitos: os axiomas e postulados enunciados por Euclides não eram suficientes para a dedução rigorosa dos teoremas e as demonstrações apelavam, inúmeras vezes, para a intuição geométrica (Amoroso Costa, 1971; p.185).

Críticas foram feitas à tentativa de Euclides em definir todos os termos técnicos de seu discurso. Esta definição é, na verdade, tão impossível quanto o é provar todas as afirmações nele contidas. O fato de cada termo dever ser definido por meio de outros termos, por sua vez definidos por outros ainda — e assim sucessivamente — levaria certamente a uma recursão "ad infinitum", o que é evitado, na visão axiomática moderna, pela inclusão, no início do discurso, de uma coleção de termos primitivos, ou básicos. Todos os demais termos do discurso são definidos a partir deles e os postulados serão, por sua vez, afirmações a eles relativas. Nos tratamentos usuais da geometria as noções de "ponto" e "reta", por exemplo, podem ser consideradas como primitivas, sendo tomadas como não definidas — ao contrário do que fez Euclides, que as definiu respectivamente como "o que não tem partes" e "comprimento sem largura", definições estas consideradas hoje inadequadas do ponto de vista lógico.

Das falhas lógicas apontadas nos Elementos, a mais grave talvez consista (Eves, 1982; 457/459) em suposições feitas por Euclides ao longo de seu trabalho e não garantidas por seus postulados. Na demonstração do Teore-

ma 1.1 , por exemplo, ele admite que duas circunferências com centros nas extremidades A e B de um segmento de reta, de modo que a distância AB seja o raio comum a ambas, se cortam num ponto C. Nada o autoriza a supor que as curvas se cortem, e, mais ainda, que o ponto de intersecção seja único, pois Euclides não utiliza qualquer postulado que, as segurando a continuidade de segmentos e curvas, garanta a existência desse ponto de intersecção. Como este, muitos outros exemplos de suposições inconscientemente assumidas por Euclides podem ser encontradas nos Elementos³.

Como explicar tais falhas na apresentação euclidiana e por que elas não foram detectadas antes pelos estudiosos do assunto?

Ora, é necessário considerar que para os gregos — e essa crença perdurou até o início do século XIX — a geometria era uma descrição do espaço físico, um modelo do mesmo, opinião esta comprovada pela experiência dos sentidos. E foi precisamente a visualização fornecida pelas figuras que acompanham as demonstrações de Euclides que o levaram, bem como seus leitores, a aceitarem como verdadeiras alegações como a da existência do ponto C, intersecção das circunferências de centro A e B, no exemplo citado.

Chega-se, assim, às questões relacionadas com a visualização, também utilizadas para explicar os motivos que teriam levado a esse descaso por um trabalho com geometria euclidiana.

Critica-se o tratamento da geometria com base em aspectos visuais, não só por induzir a se tomarem como óbvias certas asserções sobre os entes geométricos não derivadas dos axiomas — como já foi aqui comentado — mas também aponta-se que tal tratamento acaba por limitar a geometria a duas ou três dimensões. Esta limitação torna-se mais evidente a partir da descoberta das geometrias não-euclidianas e se acentua à medida que se consegue maior generalidade pela algebrização e abstração da geometria.

Chega-se, assim, à questão da "subordinação" da geometria à álgebra, apontada por muitos como o principal argumento para a ênfase da segunda em detrimento da primeira.

O primeiro passo no sentido de reduzir a geometria à álgebra é dado, no século XVII, por Descartes que, substituindo os pontos do plano por pares de números e as curvas por equações, acaba por reduzir o estudo das propriedades das curvas ao estudo das propriedades algébricas das equações correspondentes.

O passo decisivo é dado, em fins do século XIX, por Félix Klein, o qual, em seu Programa de Erlangen, partindo das relações entre as propriedades projetivas e as métricas das figuras e da noção de grupo de transformações do espaço, fornece as ferramentas de que se necessitava para distinguir entre os diferentes tipos de geometria (Piaget e Garcia, 1982; 100/102).

Klein parte do conceito de transformação de um conjunto em si mesmo⁴. Daí, após definir o produto $T_1 \cdot T_2$ de duas transformações de um conjunto S em si mesmo, a transformação inversa T^{-1} de uma transformação T , bem como a transformação identidade I , acaba por estabelecer um grupo de transformação, podendo, então, partir para sua famosa definição de geometria como sendo "o estudo das propriedades de um conjunto S que permanecem invariantes quando os elementos de S são submetidos às transformações de um grupo de transformações". Assim, diferentes geometrias corresponderiam a diferentes grupos de transformação.

Se isto representou um ponto de vista bastante proveitoso em relação às geometrias não euclidianas⁵, significou também, para muitos, uma submissão da geometria à álgebra (ou ao cálculo diferencial, se se considera a teoria de espaço e a geometria desenvolvida por Riemann e utilizada, mais tarde, por Einstein em sua teoria da relatividade).

Em suma, o tratamento não rigoroso dado à geometria euclidiana, o apelo que esta faz à visualização— atrelando seu estudo a duas ou três dimensões e induzindo oticamente certos resultados — e sua "submissão" à álgebra têm sido os motivos matemáticos invocados para a diminuição do espaço reservado à geometria nos currículos escolares dos vários níveis e sua substituição pela álgebra e pelo cálculo.

Ora, será que tais argumentos podem ser admitidos sem contestação, como verdades aceitas unanimemente ?

Não me parece que assim seja, e já se verá por que.

Se o conceito de rigor é analisado no decorrer da evolução das idéias matemáticas, percebe-se que ele tem se modificado, de época para época. Quem garante, pois, que aquilo que hoje se considera matematicamente rigoroso o será numa época futura?

Além disso, falhas encontradas em teorias matemáticas têm contribuído, inúmeras vezes, em consequência do trabalho desenvolvido para saná-las, para avanços significativos no próprio conhecimento.

A descoberta das geometrias não euclidianas, por exemplo, resultou da insatisfação experimentada, durante séculos, pelos matemáticos em relação ao 5º postulado de Euclides (o das paralelas), o qual não apresentava a concisão, a facilidade de compreensão e a evidência dos demais. As tentativas de demonstrá-lo como um teorema derivado dos outros postulados, ou de substituí-lo por um equivalente mais aceitável, levaram ao reconhecimento de sua independência em relação aos restantes do sistema euclidiano, do que resultou a descoberta da existência de outras geometrias diferentes da clássica.

Tem-se hoje, então, uma geometria euclidiana a apresentada mais rigorosamente que a dos Elementos, assim como a matemática experimentou um avanço considerável na questão da axiomatização, em decorrência do trabalho empreendido para chegar a essa apresentação.

Por outro lado, a análise a que foi submetida a geometria a partir do século passado mostrou, como diz Atiyah (artigo citado; 150 e 153), ser ela não somente o estudo do espaço físico, mas de qualquer espaço abstrato. Sendo assim, indaga ele, "... se (ela) não é somente o estudo do espaço físico, mas de qualquer tipo de espaço abstrato, isto não faz com que a geometria coincida com a matemática como um todo?".

A submissão da geometria à álgebra é, pois, so mente um dos pontos de vista sob o qual se pode examinar a questão do inter-relacionamento entre os diferentes ramos da matemática.

A questão da visualização é, das três, a mais delicada pois envolve o problema dos processos mentais a través dos quais se dá o conhecimento.

De qualquer forma, parecem existir, como indica Atiyah no artigo citado, dois tipos de pensamento: um, que poderíamos chamar de visual — e que é predominante na geometria — e outro seqüencial, como o que se usa para verificar as etapas de uma dedução, e que pode ser expresso em forma simbólica e colocado num computador —

e predominante na álgebra. E a dicotomia entre esses dois tipos de pensamento poderia ser expressa, como acrescenta o autor, pelas palavras "compreensão" e "rigor", que resumem o papel que ambas representam nos problemas matemáticos.

A visualização, conseguida pela representação por desenhos das situações que se quer analisar, aumenta o grau de compreensão que delas se tem. Se as representações podem induzir a ilusões, podem também proporcionar uma visão mais clara do problema a resolver. E isso não só na geometria. A falta de um bom sistema de representação numérica dificultou bastante o avanço da aritmética desde os gregos. O desenvolvimento só foi possível a partir da utilização dos algarismos indu-arábicos e do sistema posicional, nos quais está presente, incontestavelmente, o aspecto visual.

A descoberta da perspectiva foi, por sua vez, decorrente da necessidade de imprimir realismo à representação de cenas nas pinturas, e veio, posteriormente, contribuir para o desenvolvimento da geometria projetiva.

Quanto ao fato da visualização estar restrita a duas ou três dimensões, esta limitação não é tão importante quando se leva em conta a compreensão, pois, uma vez compreendido o que acontece numa dimensão e abstraído esse resultado, torna-se possível estender o tratamento para outra(s) dimensão(ões).

Do que aqui foi dito, pode-se concluir então que existem tantas razões para se aceitarem os motivos apresentados para justificar a desenfaturização do ensino de geometria, como para não aceitá-los.

Como, então, explicar o que vêm acontecendo com a geometria?

E, além disso, ainda que estas justificativas sejam consideradas válidas em relação ao desenvolvimento da matemática, de sua pesquisa, seriam elas igualmente válidas no tocante ao ensino desta? Especialmente quando este se destina, como no 1º e 2º graus — pelo menos em hipótese — a toda população em idade escolar e não somente àqueles que irão se dedicar à matemática ou a profissões que dela se utilizem diretamente?

E, principalmente, que conseqüências em relação à formação integral do indivíduo pode causar — ou já está causando — este descaso pela geometria? Afinal, que papel representa esta nessa formação?

Para poder responder a estas questões torna-se necessário examinar como se deu, historicamente, o desenvolvimento da geometria, qual o papel desempenhado por ela, tanto em relação à elaboração do conhecimento matemático como um todo, como no tocante à formação dos indivíduos.

Notas

- 1 - Estas sugestões constam dos relatórios enviados à Equipe Técnica de Matemática da CENP como resultado das discussões realizadas nas Delegacias de Ensino em julho/87, relativas à Proposta Curricular de Matemática de 1º grau. Esses relatórios foram analisados pela Equipe, resultando daí um documento tornado público como "Análise dos Relatórios - Proposta Curricular de Matemática" em 1988.
- 2 - Para se ter uma idéia, só nos EEUU, no período compreendido entre 1966 e 1985, foram publicados cerca de 100 estudos sobre o ensino de geometria, segundo relato de Suydam (1985).
- 3 - Outros exemplos podem ser encontrados em Eves (obra e páginas citadas) e em Barker (1969; 54/56).
- 4 - Uma transformação T de um conjunto S em si mesmo é uma correspondência que a cada elemento de S faz corresponder um único elemento de S e cada elemento de S é correspondente de um único elemento de S .
- 5 - Posteriormente, com o estudo de espaços abstratos, desenvolveu-se a idéia, contida já em observações feitas por Riemann em 1854, de geometria como o estudo de um conjunto de pontos com uma estrutura sobreposta. Para maiores esclarecimentos ver Eves (ob.cit., 423, 428, 461, 462) e Atiyah (art.cit., 150/151).

II — BUSCANDO NA HISTÓRIA

— "Quando eu uso uma palavra", diz Humpty Dumpty, em tom de zombaria, "ela significa precisamente o que eu quero que ela signifique — nem mais, nem menos".

— "A questão é se você pode fazer com que as palavras signifiquem tantas coisas diferentes", diz Alice.

— "A questão", replica Humpty Dumpty, "é quem é que manda, isto sim".

Lewis Carrol, Olhando através do espelho.

1. Como se desenvolve a geometria

Não se trata de apresentar aqui toda a história de desenvolvimento da geometria, mas de analisar, em diferentes momentos da História, os avanços experimentados por esse setor do conhecimento humano, tendo em vista, na medida do possível, a sociedade na qual eles se processam, quem produz esse conhecimento e quem a ele tem acesso.

É difícil precisar quando o homem começou a desenvolver conhecimentos de natureza geométrica. O que parece mais provável é que tais conhecimentos foram sendo construídos empiricamente, como resposta a necessidades de ordem prática das comunidades que, no Neolítico — ou Ida de da Pedra — deixaram sua vida nômade, passando a se fi xar à terra e a cultivá-la.

A introdução da agricultura dá origem ao desenvolvimento de uma série de novas técnicas, não sã das diretamente ligadas ao cultivo das plantas e aos processos de preparação dos alimentos delas derivados, como também das geradas pela mudança no modo de vida.

Uma técnica de construção mais avançada surge quando a ocupação mais permanente do território, induzida pela agricultura, provoca a necessidade de abrigar homens, animais e alimentos; a técnica da tecelagem se desenvolve graças à abundância de materiais como a lã, o linho, o vime, atendendo às necessidades de vestuário e de armazenagem de alimentos.

Uma e outra contribuem para o desenvolvimento da geometria, em especial a tecelagem, visto que as formas dos padrões nela produzidos e o número de fios necessários para produzi-los são de natureza essencialmente geométrica (Bernal, 1975; 95/97).

A análise da arte de tecer vai proporcionar uma maior compreensão das relações existentes entre forma e número, deixando assim patente uma ligação entre geometria e aritmética, ligação esta cuja importância será discutida mais adiante nesse trabalho. Por outro lado, os ornamentos usados na tecelagem vão desenvolver as noções de simetria.

Algumas dessas comunidades prosperaram, principalmente as estabelecidas nos vales dos grandes rios — como o Tigre, o Eufrates e o Nilo, para só citar as mais influentes na civilização ocidental — onde se podia praticar a agricultura sob melhores condições, primeiro aproveitando a irrigação natural fornecida pelo rio, depois ampliando a área de plantio pela construção de canais de irrigação.

A prática da agricultura em grande escala vai gerar transformações na sociedade — pois torna necessários, ao mesmo tempo, a cooperação dos seus membros na construção das obras necessárias à coletividade (represas, canais de irrigação etc.) e o aparecimento de funções específicas (agricultor, oleiro, artífice etc.) — e contribui também para a elaboração de conhecimentos e técnicas destinados a resolver os problemas básicos dessa sociedade.

Dessa forma, a agricultura vai, de muitas maneiras, contribuir para que o conhecimento geométrico se desenvolva, empiricamente, geração após geração, entre os povos da Mesopotâmia e do Egito.

Em primeiro lugar, a agricultura, praticada em grande escala, pois encarregada de prover alimentos para uma população numerosa, era planejada de acordo com a melhor época para o plantio e para a colheita. A previsão era principalmente importante no Egito, onde a inundação

do Nilo era um fenômeno regular, repetido anualmente, e para o qual a população deveria ser preparada de antemão. Nasce daí a necessidade da organização de um calendário, do que se desenvolve a astronomia e, portanto, a geometria.

A confecção de um calendário ocupou gerações de sábios (sacerdotes) dessas civilizações, acabando os egípcios por adotar um calendário solar, baseado em observações prolongadas e cuidadosas do sol e das estrelas, enquanto os sumérios e seus sucessores empreenderam a tarefa muito mais difícil de conciliar o calendário lunar e o solar. Muito conhecimento geométrico empírico resultou dessa empresa: até hoje usamos para medida de ângulos (e de tempo) o mesmo sistema sexagesimal utilizado na Mesopotâmia há milhares de anos.

A astronomia vai ter uma outra aplicação quando a navegação evolui dos rios para o mar e se impõe a necessidade de se desenvolverem métodos de orientação pelo sol e pelas estrelas, do que decorre a idéia de mapa. Nasce, assim, a cartografia, na qual são aplicados conhecimentos geométricos.

Um outro problema ligado à agricultura — a necessidade de fixar os limites das propriedades — contribui decisivamente para a descoberta e utilização de princípios relativos às características de linhas, ângulos e figuras, bem como para o desenvolvimento de processos de

cálculo de áreas de superfícies planas. Especialmente no Egito, a fixação dos limites das propriedades agrícolas as sume enorme importância, pois os marcos divisórios das áreas de cultivo são arrastados pelas águas do Nilo em suas cheias anuais. Os conhecimentos geométricos são imprescindíveis para a recolocação dos marcos, de modo a obter o mesmo número de propriedades, cada uma delas conservando a mesma área anterior.

Um outro aspecto da agricultura que vai também, propiciar avanços no conhecimento matemático — e especialmente no geométrico — está ligado à armazenagem dos tributos e dos excedentes de produção, bem como ao controle das quantidades de artigos recebidos e distribuídos. Tal avanço se dá pela criação de um sistema de medidas, o que torna possível não só estender a adição e a subtração a quantidades independentemente de objetos, como desenvolver as operações mais complexas de multiplicação e divisão, necessárias a cálculos de quantidades relacionadas com obras públicas — como a abertura de canais de irrigação e a construção de pirâmides (Bernal, 1975; 124).

A técnica necessária à construção de edifícios com tijolos ou pedras conduz, certamente, à idéia de ângulo reto, à utilização de fio de prumo, aos conceitos de áreas e de volumes de figuras e sólidos a partir das arestas, à elaboração do desenho com escala, à maquete.

À medida que mais terrenos se tornam cultiváveis pela construção de represas e canais de irrigação e que o calendário é aprimorado, é possível uma maior produção de alimentos, mais edifícios devem ser construídos para armazená-los, e um maior número de pessoas são necessárias para executar todas as diferentes tarefas que a produção agora requer.

A ampliação das atividades e o aumento do pessoal nelas envolvido geram a necessidade de uma maior coordenação, de uma organização mais desenvolvida. Desse modo surgem várias funções administrativas — como, por exemplo, a de coletar impostos, a de supervisionar e controlar a armazenagem e a distribuição de víveres, a de controlar os canais de irrigação e a abertura de comportas, etc. — para o desempenho das quais certos conhecimentos são requeridos.

Com o correr do tempo, o conhecimento necessário ao exercício de uma determinada função passa a ser monopolizado por aqueles que as exercem, e que nele vêem uma fonte de poder. Aos poucos, esses cargos tornam-se patrimônio de determinados grupos, que, para preservar seus privilégios, passam a tratar os conhecimentos inerentes às suas funções como segredos transmitidos somente àqueles a quem os funcionários designam por seus sucessores — geralmente membros de suas próprias famílias. A transmissão do conhecimento se dá mediante rituais de iniciação, nos quais se introduzem provas "destinadas a experimentar a

têmpera dos futuros dirigentes e a salientar ... o caráter intransferível das coisas ensinadas" (Ponce, 1986;27).

Enquanto o povo em geral domina apenas as técnicas inerentes a seus ofícios, o conhecimento geométrico — básico em muitas das funções como na de construtor, astrônomo, e outras — como todo o conhecimento acumulado durante séculos pelas civilizações egípcia e babilônica, torna-se privilégio da classe dirigente.

O segredo com que são cuidadosamente guardados não impede, no entanto, que os conhecimentos e práticas dessas antigas civilizações sobrevivam à sua decadência e às mudanças políticas e econômicas que se sucedem nos séculos seguintes, chegando até os povos do Mediterrâneo.

Um dos acontecimentos que, certamente, influenciavam estas mudanças é a descoberta do ferro e seu emprego na produção, não só de artefatos de guerra, como de uma série de ferramentas.

Graças às novas ferramentas de ferro é possível construir navios maiores, melhores e em maior quantidade, fato este que proporciona um estímulo ao comércio — o transporte de mercadorias pode ser feito pelas rotas marítimas, mais rápida e economicamente do que pelas terrestres — à exploração de novas terras e à colonização da costa mediterrânea.

Dois inovações, introduzidas neste período pelas necessidades advindas da expansão do comércio, vão influir sobremaneira nas civilizações emergentes e repercutem, de certo modo, no desenvolvimento do conhecimento geométrico em particular (Bernal, 1975; 161/163).

A primeira delas é a transformação dos complicados sistemas de escrita das antigas civilizações em um sistema bem mais simples, o alfabético, no qual o simbolismo se baseia nos sons, possibilitando assim sua aplicação às diferentes línguas e tornando a comunicação mais fácil e mais acessível a um maior número de pessoas — o que certamente contribui para o avanço do conhecimento.

A outra inovação deste período é a utilização do dinheiro metálico como forma comum de pagamento¹. A partir da introdução do dinheiro como a medida de todos os outros valores, desenvolve-se o conceito de dívida, o que contribui para o aumento das ações judiciais referentes à cobrança de débitos. Os envolvidos em tais disputas devem apresentar seu caso perante os juizes, defendendo os seus direitos e justificando esta ou aquela posição. Daí se desenvolve naturalmente o interesse pela argumentação — que influirá, como se verá adiante, na elaboração da ciência grega — e pela retórica.

A nova cultura que floresce ao longo da costa mediterrânea tem sua feição moldada por ainda outro fator: a guerra, provocada pela rivalidade permanente entre as cida

des e pela perspectiva de acúmulo de riquezas através do saque e da escravização dos vencidos. A preocupação constante com possíveis ataques faz com que a organização da defesa das cidades se torne a tarefa prioritária de cada cidadão, transformado assim em guerreiro. A preparação do soldado inclui não só os exercícios físicos que o habilitam para o combate, mas, também, por certo, o desenvolvimento de algumas qualidades necessárias ao bom desempenho da função: a capacidade de tomar decisões, a objetividade, a criatividade para achar saídas em situações difíceis — habilidades estas úteis também em relação ao conhecimento.

De todos os povos do Mediterrâneo, o mais bem sucedido, o que maior influência vai exercer na nossa civilização ocidental é o grego, principalmente no tocante ao desenvolvimento do saber.

Partindo, conscientemente ou não, dos conhecimentos acumulados pelas antigas civilizações — sobre os quais faz agir sua inteligência e objetividade — a civilização grega introduz uma mudança fundamental no espírito da ciência e da matemática: da consideração de fatos isolados, do recolhimento de casos singulares, passa-se à procura dos universais, à tentativa de isolar e abstrair uniformidades e permanências da heterogeneidade de fatos e eventos produzidos incessantemente na natureza e no conhecimento.

"A mente humana foi "descoberta" como algo diferente do ambiente natural que a circunda e capaz de per-

ceber similaridade numa multiplicidade de eventos, de abstrair tais eventos das circunstâncias nas quais eles se apresentam, generalizando-os e deduzindo, a partir daí, outras relações consistentes com a experiência adicional". (Boyer, 1959; 16, tradução da autora).

A civilização grega apresenta, assim, a singularidade de produzir um tipo de pensamento, no qual se aliam racionalidade: capacidade de defender uma opinião por meio de argumentos, de investigar o porquê das coisas, não se contentando apenas em saber como elas acontecem e realismo: capacidade de distinguir afirmações factuais e observáveis das emocionais e tradicionais, de apelar à experiência comum (Bernal, 1975; 169).

A aplicação desse pensamento racional e realista à matemática — que, para os gregos, significava geometria — conduz ao desenvolvimento de processos de demonstração, colocando em destaque o que se considera hoje uma característica fundamental desse ramo do conhecimento: seu caráter dedutivo (Eves, 1982; 45).

Embora pouco se conheça dos primórdios da matemática grega, parece que esta teve origem, no início do século VI a.C., nas cidades jônicas da Ásia Menor, onde as condições de vida — o florescimento econômico proporcionado pelo comércio de vinho, azeite e produtos têxteis,

a facilidade e necessidade de viajar e, portanto, o contato com povos diferentes — tornam possíveis o desenvolvimento de novas idéias e os avanços científicos (Caraça , 1975; 65). Desenvolve-se aí uma atmosfera de racionalidade, na qual as questões relacionadas ao porquê deste ou daquele resultado não encontram resposta nos conhecimentos empiricamente elaborados pelas antigas civilizações.

É na cidade de Mileto — na costa ocidental da Ásia Menor — que vive Tales, considerado o precursor da geometria dedutiva, e cujo grande mérito consiste, não tanto na formulação de vários teoremas, mas, principalmente, em ter chegado a eles por meio de algum tipo de raciocínio lógico.

Na segunda metade do século VI a.C., as cidades jônicas e as colônias gregas da Ásia Menor são conquistadas pelos persas que, tendo adquirido um grande poderio militar, se lançam num inevitável movimento expansionista. Conseqüentemente, um grande número de filósofos — matemáticos — gregos deslocam-se para as prósperas colônias gregas da Itália meridional, onde fundam suas escolas e prosseguem com o processo de abstração iniciado por Tales.

Na cidade de Crotona, no sul da Itália, é fundada uma escola pitagórica. Parece que seu fundador foi Pitágoras² — do qual se diz ser originário de Samos, uma ilha no mar Egeu, próxima do litoral da Ásia Menor — figura lendária, que não se sabe ao certo se existiu real -

mente. A escola pitagórica existiu, porém, de fato e sua influência se fez sentir pelo menos nos dois séculos seguintes. Muitos autores (Bernal, ob.cit.; 187) atribuem a ela o estabelecimento do que se conhece como método postulacional, no qual as afirmações são provadas por meio de raciocínios dedutivos rigorosos a partir de postulados — proposições iniciais explicitamente formuladas.

A descoberta dos números irracionais — a partir da constatação de que a razão entre dois segmentos quaisquer não é sempre, como faz crer a intuição, em número racional (o que só pode verificar, por exemplo, considerando a razão entre a diagonal e o lado de um quadrado) — gera um grave problema entre os membros da escola pitagórica, pois abala a própria base de sua filosofia:

"Mas o que é feito então da afirmação de que 'os princípios dos números são os elementos de todos os seres', que 'o Céu inteiro é harmonia e número'? Que valor tem ela, se os números não podem dar conta, sequer, desta coisa simples e elementar que é a razão dos comprimentos de dois segmentos de reta? onde está o alcance universal dessa afirmação? No dia em que foi descoberto o fenômeno da incomensurabilidade de segmentos, a escola pitagórica estava ferida de morte". (Caraça, ob.cit., 74).

A partir daí levantam-se várias críticas às concepções da escola pitagórica, conduzidas principalmente pelos membros da escola eleática — de Elea, colônia grega localizada na costa oeste da Itália meridional — dentre os quais Parmênides e seu discípulo Zenão. Este torna-se famoso por propor os paradoxos³ que atacam os fundamentos mesmo da concepção física e matemática de Pitágoras.

Estes paradoxos não encontrarão solução na Antigüidade, mesmo porque a conjuntura política já não oferece campo para grandes discussões sobre a inteligibilidade do Universo. Atenas, ao final da guerra do Peloponeso — travada contra Esparta, pela hegemonia da Grécia — reassume a liderança cultural da península, estabelecendo, depois, seu império. A consolidação e a manutenção deste impõem a necessidade de evitar as idéias de transformação, daí resultando o horror do movimento, do material, do sensível, do manual, que envolve o pensamento grego. (Caraça, ob.cit., 81/82 e 179/197).

As conseqüências na matemática não deixam de se fazer sentir. Ao invés de ampliar a discussão sobre o problema da incomensurabilidade de segmentos, da qual poderiam surgir subsídios para a resolução do problema, o que se segue é uma mudança de rumo na matemática grega: abandona-se o estudo dos números e volta-se a atenção para as linhas e áreas, em cujo estudo não ocorrem dificuldades lógicas. A matemática grega torna-se assim fundamentalmente geométrica.

Bernal (ob.cit., 192/193) aponta Hipócrates de Quios e Eudoxo como os principais responsáveis por essa transformação. Este último, em particular, desenvolve um método de raciocínio — o método de exaustão — que não deixa de ser uma maneira de evitar a introdução de um estudo quantitativo do conceito de infinito (Caraça, ob.cit.,; 197).

Quanto a Hipócrates, parece ter sido responsável por um tratado, no qual aparecem, pela primeira vez, cadeias de proposições — além de ter-se aplicado a solucionar dois dos problemas clássicos da geometria: a quadratura do círculo e a duplicação do cubo, os quais, juntamente com o terceiro, o da triseção do ângulo, levaram outros geômetras à construção de curvas mais complexas, originando-se daí um novo ramo da geometria (Bernal; 192 e Eves; 77).

Nessa época viveu Platão, que tem grande influência no desenvolvimento da matemática (embora se tenha notabilizado pela sua filosofia e não por qualquer descoberta feita naquele setor do conhecimento) por sua convicção na importância da matemática⁴ na formação do filósofo e do governante e pelo fato de que a maior parte do trabalho matemático realizado no século IV a.C. ter sido obra de amigos ou discípulos seus (Eves; 75). O platonismo é, ainda hoje, uma visão largamente aceita entre os matemáticos⁵.

No final do século IV, os estados gregos, enfraquecidos pelos distúrbios internos e pela rivalidade existente entre eles, acabam sendo conquistados por Felipe da Macedônia. Dois anos após a batalha de Queroneia — onde as tropas macedônias venceram as atenienses — sobe ao trono Alexandre, filho de Felipe, cujo programa de conquista o leva a estender seu domínio a grande parte do mundo civilizado de então. Por onde passa seu exército vitorioso, vão surgindo novas cidades, uma das quais Alexandria, no Egito, localizada na intersecção de importantes rotas comerciais. Em pouco tempo Alexandria se transforma num centro tão rico e influente que é escolhida por Ptolomeu — um dos generais de Alexandre entre os quais, após sua morte, seu império é dividido — como a capital do império helênico do Egito.

A criação da Universidade de Alexandria e de sua famosa Biblioteca, por Ptolomeu, atraem grande número de sábios. A cidade transforma-se no maior centro intelectual do mundo antigo, assim permanecendo por quase dez séculos.

É aí que vive e ensina Euclides — o fundador da Escola Alexandrina de matemática — que escreve, por volta de 300 a.C., os Elementos, onde, entre outros assuntos, expõe, de modo tão brilhante, que obscurece todo trabalho anterior a ele, a geometria como um corpo de conhecimento organizado sob a forma de um sistema dedutivo. Sua intenção é que cada afirmação se apresente como a conse -

quência de afirmações previamente estabelecidas, que, por sua vez, derivam de outras, e assim sucessivamente. Todas as afirmações decorrem, porém, de algumas premissas básicas admitidas como verdadeiras. Dessas derivam as demais afirmações (teoremas).

Muitas outras contribuições são dadas ao desenvolvimento da matemática e, especialmente, à geometria, pelos matemáticos helênicos, como Arquimedes, que aperfeiçoou os métodos de Eudoxo para o cálculo do π e para a determinação das fórmulas dos volumes e superfícies dos sólidos, desenvolvendo métodos que serão, mais tarde, absorvidos pelo cálculo integral, e como Apolônio de Perga (ou Pérgamo, cf. Vera, 1946; 73), cujo estudo das secções cônicas será utilizado, dois mil anos depois, por Newton e Kepler no estabelecimento das propriedades das órbitas planetárias.

É o nome de Euclides, porém, que está indissoluvelmente ligado ao conhecimento geométrico produzido pela cultura grega. Seus Elementos, que refletem a preocupação da geometria grega com a precisão da linguagem e com o rigor do raciocínio, serviram de modelo para a apresentação da matemática por muitos séculos.

Se o conhecimento matemático das antigas civilizações do Egito e da Mesopotâmia teve de ser empiricamente produzido para indicar como resolver os problemas básicos de subsistência dessas civilizações, um novo tipo de ma

temática pôde ser produzido pelos gregos somente quando , estando supridas tais necessidades, dispuseram eles de tempo para a especulação sobre o porquê das coisas.

Os que podiam, pois, se dedicar a esta atividade intelectual eram os cidadãos, os homens livres das cidades-estado gregas: os proprietários de terra, que também controlavam o comércio confiado aos escravos e aos estrangeiros. Assim, a ciência helênica é uma ciência da elite — embora tenha havido exceções, como entre os sofistas— desenvolvida por aqueles que se encontravam libertos do trabalho manual — exercido pelos escravos e visto, portanto, com desprezo.

O estudo da geometria não tem para os gregos objetivos práticos — embora esses conhecimentos possam ser aplicados quando conveniente, como, por exemplo, na astronomia, na navegação, na guerra. A geometria é vista como uma ciência formativa, seu estudo conduzindo a hábitos de raciocínio e ao refinamento da inteligência. A geometria ocupa um lugar de destaque na Academia de Platão justamente porque este está convencido de que seu estudo fornece o melhor treino para a mente, sendo, pois, essencial para o desenvolvimento dos filósofos e dos governantes de seu Estado ideal (Eves, 1983, p.75).

A partir do século III a.C., quando Euclides, Arquimedes e Apolônio já haviam vivido e desenvolvido seus trabalhos, o interesse pela geometria vai, pouco a pouco, arrefecendo⁶ — apesar de ter experimentado um certo re -

florescimento com Pappus, já no final do século III de nossa era. O trabalho de criação dá lugar ao de compilação, o cientista cede lugar ao comentador⁷.

Os romanos, que desde o final do século III d.C. haviam progressivamente conquistado os impérios helenísticos — o Egito, dominado em meados do século I de nossa era, foi o último a cair — nada acrescentam à ciência clássica, ou pela sua natureza essencialmente utilitária. Ou porque eles só surgem em cena quando o ímpeto da civilização grega já arrefecera e sua ciência estava em franca decadência, os romanos jamais demonstraram entusiasmo pela matemática abstrata. Contentaram-se somente com os aspectos práticos relacionados com o comércio, com a engenharia, o suficiente para a construção de suas estradas e edifícios, e com a arquitetura — no desenvolvimento do arco e da abôbada em arco, características de suas edificações (Bernal, ob.cit., 240/241).

Após a queda do império romano, em meados do século V, começa a Idade Média, que se estenderá até o século XV. Nos seis primeiros séculos desta era nada de importante foi realizado, na Europa com relação à ciência em geral, nem com a geometria, nem com a matemática — a não ser o desenvolvimento do calendário. Se algum resquício da ciência da Idade Clássica foi preservado durante este período, ficou, no entanto, restrito às bibliotecas dos monastérios católicos e resultou do paciente trabalho dos monges copistas.

A partir dos séculos XI e XII o comércio experimenta, na Europa, um reflorescimento, que trará consequêencias para o desenvolvimento da ciência em geral e da matemática em particular.

Seja através das relações mercantis que começam a se estabelecer entre o mundo árabe e, principalmente, os florescentes centros comerciais do norte da Itália, seja pela reconquista de várias cidades espanholas que se encontravam nas mãos dos mouros, o certo é que por essa época, a Europa se põe em contato com a cultura árabe.

Isto traz consequências importantes para a matemática, pois tornam-se conhecidos na Europa os progressos feitos pelos árabes e, através destes, pelos indús no campo da álgebra, principalmente. Quanto à geometria, torna-se possível aos europeus ter acesso ao legado helênico contido nas obras dos matemáticos de Alexandria, preservados pelas traduções feitas pelos árabes — o que talvez se constitua na maior contribuição destes no tocante a esse ramo da matemática.

Durante o século XII desenvolve-se um intenso trabalho de tradução⁸, vertendo-se do árabe para o latim — e tornando-as mais acessíveis aos estudiosos — inúmeras obras, dentre as quais os Elementos de Euclides, as obras de Cláudio Ptolomeu e as de Theon de Alexandria.

O acesso a essas obras, porém, fica ainda restrito a um grupo reduzido de pessoas que dispõem de tempo para estudá-las.

À medida que o comércio se expande, tornando-se mais complexo, aumenta a necessidade de instrução. A partir de 1100 percebe-se o aumento do número de leigos nas escolas clericais. Eram as únicas então existentes e se destinavam à preparação do clero, a quem cabia a responsabilidade de exercer toda ocupação letrada e toda função administrativa da época⁹. Aparecem, também, as primeiras escolas leigas, destinadas primordialmente à educação dos filhos dos comerciantes.

É a partir do século XII que são criadas algumas Universidades¹⁰, de início destinadas ao clero, mas que, pouco a pouco, vão abrindo suas portas aos leigos. Nelas se ensinam "as sete artes liberais": inicialmente são abordadas a gramática, a retórica e a lógica, que constituem o trivium, enquanto as que formam o quadrivium: a aritmética, a geometria (os três primeiros livros de Euclides), a astronomia e a música — as mesmas que constavam do programa de estudos da escola pitagórica (Eves, ob.cit.; 48) — vinham a ser ensinadas a seguir, dedicando-se os alunos posteriormente ao estudo da filosofia e da teologia.

Várias inovações técnicas provindas do Oriente são introduzidas, por essa época, na Europa, tornando possível certo desenvolvimento que determina avanços nas ciências e que se reflete na geometria. A bússola e o leme de popa, por exemplo, vão influir na navegação e, portanto, na

ampliação dos conhecimentos de astronomia, na construção de cartas geográficas e na determinação das longitudes e, indiretamente, na geometria. Ao mesmo tempo, a produção de papel e o desenvolvimento da técnica de impressão tornam mais fácil a divulgação das idéias e dos trabalhos científicos.

Todos esses acontecimentos que se sucedem nos séculos finais da Idade Média contribuem, se não para a produção de novos conhecimentos¹¹, pelo menos para a propagação do até então existente, ainda que entre as pessoas cujas condições econômicas e sociais lhes permitissem gozar das facilidades oferecidas.

É a partir do Renascimento que se produzem alguns trabalhos em geometria, impulsionados, num primeiro momento, pelo interesse artístico. A necessidade, na pintura, de representar em duas dimensões figuras tridimensionais exige do artista um profundo conhecimento de geometria¹². A partir daí desenvolve-se o estudo da perspectiva (ao qual se dedicam, simultaneamente, artistas e matemáticos) e a utilização de processos geométricos que facilitam o trabalho do pintor, como, por exemplo, o emprego da rede retangular de coordenadas para o estabelecimento do campo ótico (Bernal, ob.cit.; 387).

A tomada de Constantinopla pelos turcos traz, embora indiretamente, conseqüências para o desenvolvimento da geometria: torna-se possível, pela primeira vez, ler, no original, as obras dos matemáticos helênicos, trazidos à Europa pelos eruditos bizantinos em fuga ante o exército

turco. A astronomia é levada a avançar pela necessidade do desenvolvimento da navegação, imposto pelas exigências do prosseguir o comércio com o Oriente, interrompido pelo fechamento das rotas terrestres.

É no século XVII, porém, enquanto a Europa ainda se debate nas guerras religiosas, que a geometria experimenta um avanço significativo. Por um lado, Desargues e Pascal dão os passos iniciais no desenvolvimento de um novo ramo da geometria: a projetiva e, por outro, Descartes e Fermat elaboram as primeiras idéias de um novo método para o estudo da geometria: a geometria analítica.

Enquanto o estudo da geometria projetiva só terá prosseguimento no século XIX com Chasles, Poncelet e outros, o da analítica progride rapidamente talvez por sua grande utilidade no desenvolvimento do cálculo integral, elaborado, ao final desse século, por Newton e Leibniz.

A grande contribuição de Descartes (é a ele que a analítica está, em geral, associada) é ter estabelecido uma associação entre a geometria e a álgebra. Partindo das noções já existentes sobre coordenadas, ele constroi um sistema no qual estabelece uma correspondência entre os pontos do plano e pares ordenados de números reais, tornando possível fazer corresponder curvas do plano a equações a duas variáveis, de modo que a cada configuração geométrica corresponda uma configuração algébrica. A investiga

ção geométrica torna-se, assim, uma investigação algébrica¹³.

Pode-se dizer que, no século XVIII, os matemáticos¹⁴ ocuparam-se primordialmente, embora não exclusivamente, com o cálculo, desenvolvido no século anterior pelos matemáticos/astrônomos empenhados em completar a elaboração de um sistema capaz de explicar os movimentos das estrelas a partir de um ponto qualquer da Terra, problema este de importância vital para a navegação oceânica.

Ao findar do século XVIII, os matemáticos são parte de um ainda pequeno número de indivíduos que se dedicam ao estudo das ciências. Entre eles se incluem, como aponta Ziman (1981; 67), diversos professores universitários, os membros das Academias de Ciências¹⁵, que haviam começado a surgir no início do século anterior, alguns religiosos e militares. A maioria não passa, porém, de diletantes com recursos próprios e com tempo disponível para se dedicarem a atividades que lhes possam satisfazer a curiosidade intelectual. E o estudo da geometria parece oferecer suficiente desafio para despertá-la, confirmando, assim, a sua importância para a formação e o desenvolvimento intelectual.

Não se enfatiza a utilidade prática dos conhecimentos adquiridos, embora a ciência tenha conseguido, como diz Bernal (ob.cit.; 492), uma continuidade e um status, que não mais perderá, a partir do momento que contribui de

cisivamente para o domínio da navegação, numa época em que o sucesso nacional, econômico e político depende do controle das rotas marítimas e da abertura de novos mercados.

É preciso assinalar também que, desde o período inicial do Renascimento, um maior número de pessoas de todas as classes sociais tivera acesso aos conhecimentos, em particular os geométricos. Dentre elas se destacam os artistas e os artífices. E são estes, particularmente, que vão desempenhar, mais que os cientistas, um papel extremamente importante na Revolução Industrial.

Referindo-se especificamente aos mecânicos ingleses dessa época, diz Braverman:

"... O profissional estava vinculado ao conhecimento técnico e científico de seu tempo na prática diária de seu ofício. O aprendizado comumente incluía preparo em Matemática, inclusive álgebra, geometria e trigonometria, nas propriedades e procedência dos materiais próprios do ofício, nas ciências físicas e no desenho mecânico. Aprendizados bem administrados proporcionavam assinaturas de publicações técnicas referentes ao ofício, de modo que os aprendizes podiam acompanhar o desenvolvimento. Mais importante, porém, que o preparo formal ou comum era

o fato de que o ofício proporcionava um vínculo diário entre a ciência e o trabalho, visto que o profissional estava constantemente o brigado ao emprego de conhecimento rudimentar científico, da Matemática, Desenho, etc. na sua prática. Esses profissionais eram parte importante do público científico de seu tempo, e via de regra demonstravam interesse pela ciência e cultura além daquele relacionado diretamente com seu trabalho". (Braverman, 1981; 120/121, grifos da autora).

Até meados do século XIX podiam ser encontrados, em várias categorias profissionais, o mesmo interesse pela ciência e o mesmo nível de conhecimento teórico¹⁶.

Assim, o período compreendido entre a fase inicial do Renascimento e meados do século passado assinala uma época na qual a possibilidade de acesso ao conhecimento se estende a um maior número de pessoas.

Enquanto a segunda metade do século XVIII é profundamente marcada pelas duas Revoluções políticas, a Americana e a Francesa, e pela Revolução Industrial, ao final do século XVIII e início do XIX, vários acontecimentos se sucedem na história da geometria, um dos quais é o desenvolvimento da geometria descritiva por Monge, responsável também pelos primeiros trabalhos de geometria diferencial¹⁷

de curvas e superfícies do espaço, além de trabalhos importantes em geometria analítica.

No entanto, o fato mais marcante e revolucionário ocorrido no campo da geometria nesta época é a descoberta das geometrias não euclidianas, a partir de investigações em torno do quinto postulado de Euclides.

Este postulado não se apresenta revestido da mesma concisão nem da fácil compreensão dos demais. Falta-lhe o caráter de verdade auto-evidente que os outros ostentam. Por isso, desde a Antiguidade clássica, inúmeros matemáticos tentaram, por diversas vezes, eliminá-lo, mostrando que seria um teorema demonstrável a partir dos postulados restantes. Todas as tentativas foram infrutíferas¹⁸, mas revelaram a existência de vários princípios geométricos que, associados aos demais postulados, tornam possível a demonstração dos teoremas euclidianos¹⁹.

Aquela que se poderia chamar a primeira tentativa científica de investigação do postulado das paralelas foi feita, no início do século XVIII, por Sacchieri, que empregou o raciocínio conhecido por "reductio ad absurdum" (redução ao absurdo), que consistia em admitir o quinto postulado como independente dos demais, mostrando, a seguir, que essa hipótese conduz a uma contradição, devendo, pois, ser abandonada. Isto equivalia a supor possível admitir todos os demais postulados de Euclides sem que delas derivasse o quinto. Sacchieri não alcançou seu objetivo mas, sem o saber, conseguiu um resultado bem diferente:

demonstrou, sem o perceber, vários teoremas fundamentais de um outro tipo de geometria que não a euclidiana.

Outras tentativas semelhantes foram feitas posteriormente, mas seus autores também não souberam interpretar os resultados a que chegaram.

É somente no início do século XIX que três matemáticos Gauss, Bolyai e Lobachevsky, trabalhando sem notícia um dos outros, chegaram a compreender a situação: o quinto postulado é, de fato, independente dos demais, o que significa que podem ser construídos sistemas geométricos nos quais esse postulado é substituível por qualquer outra afirmação que a contrária. Isto significa que existem outros tipos de geometria, diferentes da euclidiana²⁰.

Bolyai e Lobachevsky publicaram versões de uma nova geometria na qual, por um ponto fora de uma reta é possível traçar mais de uma reta paralela à reta dada, enquanto que, anos depois, Riemann desenvolve ainda outro tipo de geometria, na qual, por um ponto fora de uma reta não existe qualquer paralela à reta dada.

Para os gregos, a geometria era vista, ao mesmo tempo, como uma descrição precisa do espaço em que viviam e como uma disciplina intelectual, uma estrutura dedutiva (Davis & Hersch, ob.cit.; 231). E isto continuou sendo uma verdade inconteste pelos séculos seguintes, até o aparecimento dos trabalhos de Gauss, Bolyai,

Lobachevsky e Riemann. A partir da descoberta dessas novas geometrias e, portanto, da possibilidade de se criarem outras a partir da escolha de um diferente conjunto de axiomas, tornou-se evidente que a geometria não está necessariamente ligada ao espaço físico concreto, isto é, os axiomas perdem a característica clássica da geometria de compromisso com o real.²¹

O surgimento das geometrias não euclidianas e o desenvolvimento experimentado, também no século XIX, pela análise, que demonstrou, por exemplo, a existência de curvas que enchem o espaço e de curvas contínuas que não têm derivada em ponto nenhum,

"... expuseram a vulnerabilidade do único alicerce sólido — a intuição matemática — sobre o qual se pensava que repousava a matemática. A perda da certeza na geometria foi filosoficamente intolerável, pois implicou na perda da certeza no conhecimento humano. A geometria tinha servido, desde Platão, como o exemplo supremo da possibilidade dessa certeza". (Davis & Hersch, 1985; 372).

Impôs-se, assim, aos matemáticos um desafio: construir uma fundamentação sólida e definitiva para a matemática.

Na tentativa de dar conta dessa tarefa surgiram três correntes principais de pensamento matemático. Uma delas, o logicismo, aparece por volta de 1902²² na Inglaterra, liderada por Russell e Whitehead; outra, o intuicionismo, é iniciada, em torno de 1908, pelo matemático holandês Brouwer, e a terceira, o formalismo, é criada pelo matemático alemão Hilbert uns dois anos mais tarde.

Para os logicistas, a matemática é vista como um ramo da Lógica. Desse modo os conceitos matemáticos passam a ser formulados como conceitos lógicos e os teoremas matemáticos são demonstrados por regras previamente estabelecidas pela Lógica²³.

Os princípios que norteiam a corrente intuicionista (construtivista) são radicalmente diferentes daqueles assumidos pela escola logicista, deixando de lado, assim, grande parte da matemática tradicional. Os intuicionistas consideram apenas as partes obtidas por processos de construção efetiva, desprezando todos aqueles resultantes, por exemplo, do axioma da escolha, do processo de corte de Dedekind, etc.

Para a corrente formalista, a matemática se ocupa com sistemas simbólicos formais, ou seja, ela é vista como um conjunto de desenvolvimentos abstratos, nos quais os termos são símbolos e as afirmações são fórmulas envolvendo estes símbolos. Desta forma, o fundamento da matemática se constitui numa coleção de símbolos e num con-

junto de operações feitas com eles.

As três tentativas, no entanto, foram incapazes de fornecer uma fundamentação definitiva para a matemática e objeções foram levantadas contra todas elas.

Apesar disso, essas correntes influenciaram a concepção de matemática predominante hoje, em especial o logicismo e o formalismo. Este último, graças ao trabalho do grupo Bourbaki, teve enorme penetração nos cursos de matemática dos anos 50 e 60 em todo mundo e, como se verá, no Brasil, indo influir diretamente no ensino de matemática, em todos os níveis, e no modo como ela é ministrada em sala de aula.²⁴ Sobre isto, falaremos mais adiante.

Para que se possa, porém, entender melhor o que vai ocorrer no ensino de matemática neste século é necessário, antes, analisar o que acontece na ciência e na sociedade nestes dois últimos séculos. Vamos verificar como as modificações sociais e econômicas introduzidas pela industrialização, sobretudo a partir do século passado, vão afetar o desenvolvimento da ciência e da matemática e ser por este afetado, e quais as conseqüências disto no que se refere à educação em geral e à educação matemática em particular.

2. Os tempos modernos

2.1. Os séculos XIX e XX e a industrialização

No século XIX observa-se a consolidação do modo capitalista de produção. Os sistemas de produção domiciliar e de subcontratação²⁵, utilizados na fase inicial do capitalismo, vão sendo substituídos rapidamente, embora parcialmente e não uniformemente²⁶, pelo sistema fabril, no qual torna-se possível controlar mais eficientemente a produção. O fato de os trabalhadores estarem todos concentrados num mesmo local não só contribui para a maior regularidade da produção, pela imposição de horários e ritmo de trabalho dos operários, como também para o controle do padrão de qualidade do produto²⁷.

Além disso, a centralização da produção, conseguida com esse sistema, elimina uma série de problemas que afligiam o capitalista nos sistemas anteriores, como, por exemplo, a perda de material durante o transporte, os desfalques, que ocorriam frequentemente quando a produção não era centralizada.

O sistema fabril, entretanto, possibilita a transformação dos próprios processos de produção. É somente na fábrica que se torna possível a criação e a imposição da divisão parcelada do trabalho, que consiste não só em sepa

rar o processo de trabalho em suas partes constituintes, em operações separadas umas das outras, mas, principalmente, em atribuir estas operações a diferentes trabalhadores (Braverman, cap.3).

A imposição, na fábrica, da divisão parcelada do trabalho permite ao capitalista o controle da escala de produção, pois a divisão do trabalho em etapas representa poupança de tempo, e, mais ainda, o do próprio processo de produção, que nos sistemas anteriores, era exercido pelo trabalhador.

Apesar da resistência dos trabalhadores, em suas tentativas para impedir que isto se concretizasse, os ofícios acabaram por ser destruídos, criando-se em seu lugar as funções especializadas e estabelecendo-se uma hierarquia entre elas, advindo daí, como aponta Braverman (ob.cit.;77), uma nova vantagem para o capitalista: o barateamento do trabalho.

"... a força de trabalho capaz de executar o processo (produtivo) pode ser comprada mais barato como elementos dissociados do que como capacidade integrada num só trabalhador". (Braverman, ob.cit.; 79)

Por outro lado, com a implantação do trabalho parcelado, o conhecimento técnico e científico acumulado por gerações de trabalhadores através da prática de seus ofícios passa a ser também controlado pelo capitalista²⁸ e

pelos poucos que, dentro da fábrica, são encarregados do planejamento e da organização. Aprofunda-se, assim, a separação entre a concepção e a execução do trabalho, separação esta inclusive física, já que lhes são atribuídos lugares distintos na fábrica²⁹.

É evidente que isto não é conseguido facilmente, sem a oposição ferrenha dos artífices, reprimida, em geral, à força, porém, nas indústrias em rápida expansão, as exigências de capacitação profissional, que eram bastante elevadas nos ofícios, tornam-se, com o parcelamento do processo produtivo, cada vez menores, permitindo, pelo menos nesse momento, incorporar à força de trabalho a mão-de-obra expulsa do campo pela introdução de novas técnicas agrícolas, e pelas anexações de terra, ou pela decadência do artesanato da aldeia, e uma mão-de-obra muito mais submissa.

Com isso, acelera-se o processo de urbanização, especialmente nas zonas carboníferas, onde se concentram as indústrias, que têm agora no carvão a sua principal fonte de energia, fazendo com que muitas cidades surjam e cresçam rapidamente.

Mudanças profundas se processam nas nações industrializadas. Novos meios de transporte são desenvolvidos graças às transformações que têm lugar na indústria siderúrgica, permitindo a obtenção de ferro mais barato e em quantidades nunca antes produzidas, e ao grande avanço téc

nico conseguido pelos (engenheiros) mecânicos, notadamente os ingleses. Surgem as estradas de ferro, que possibilitam a ligação entre os grandes centros industriais, e a navegação a vapor, que viabiliza a busca das matérias primas indispensáveis à indústria e à distribuição dos produtos fabricados por todo o mundo. Os novos meios de transporte acentuam a necessidade de se resolver o problema das comunicações. Estas precisam tornar-se mais rápidas, pois informações como preços de mercadorias e de ações, bem como acontecimentos que as possam afetar, têm valor monetário real. A solução do problema se dá com a invenção do telégrafo (Bernal, ob.cit.; 554/558).

É a época considerada como a do apogeu do capitalismo, este em sua fase concorrencial, quando a grande massa da população se vê transformada em trabalhadores assalariados e toda a iniciativa econômica concentra-se nas mãos de uma nova classe: a dos empresários capitalistas.

Em meados do século XIX, começam a surgir as sociedades por ações. As ferrovias, juntamente com as empresas financeiras, são os primeiros exemplos de empresas gigantes com base em sociedades por ações que, no início do século XX, estarão presentes em todos os setores da economia das nações desenvolvidas (Baran & Sweezy, 1978; 38).

As primeiras empresas gigantes foram organizadas por promotores financeiros, os famosos "magnatas"³⁰, numa

época em que ainda dominava a livre concorrência, a qual será, no entanto, debilitada e até suprimida³¹ à medida que avançam as tendências concentracionistas que conduzem, em fins do século XIX e inícios de XX, à formação dos monopólios³² e oligopólios e à terceira fase do capitalismo: o monopolista.

Com a implantação dessas empresas gigantes cresce a concentração da produção e do capital, ditando a necessidade, não só de garantir novos mercados para as exportações, principalmente de aço e de maquinaria, como também de assegurar novas fontes de matérias primas indispensáveis à produção, o que intensifica a expansão colonial. O mundo é repartido entre as potências desenvolvidas.

O desenvolvimento econômico das nações, entre tanto, se dá de forma desigual, o que provoca rivalidades entre elas, rivalidades estas que se manifestam em conflitos resolvidos quase sempre militarmente. É assim que eclodem as guerras européias e mundiais.

No século XX opera-se, na indústria, uma mudança radical no processo produtivo. Modificam-se os métodos de produção, passando-se do que Bernal (ob.cit.,807) qualifica como artesanato auxiliado por máquinas para a produção em série. Esta inovação organizacional, que teve em Henry Ford um de seus precursores, alia princípios já postos em prática, porém isoladamente, nos vários ramos in

dustriais: produção de peças isoladas possíveis de serem ajustadas umas às outras e utilização de meios que permitem executar uma série de operações em rápida sucessão.

Após a Segunda Guerra Mundial, ocorre uma nova mudança, quando se passa à produção automaticamente controlada. O trabalho não especializado dos operadores das máquinas é substituído pelos novos mecanismos e dispositivos eletrônicos.

Cada vez mais tecnologia é introduzida na produção, de modo a reduzir seus custos em todos os setores. A meta, como sempre, é produzir mais, em menos tempo e com menos custos.

É por essa época que começa também o desenvolvimento das companhias multinacionais, ao mesmo tempo em que, pouco a pouco, as colônias conseguem sua independência (Baran & Sweezy, ob.cit.; 177).

É neste contexto que se deve analisar o que vai acontecer com a ciência e as relações entre o desenvolvimento desta e o do capitalismo industrial.

2.2. O desenvolvimento da ciência

Não há como negar as conexões entre o desenvolvimento material da sociedade e o da ciência. E embora

não seja escopo desse trabalho examinar essas relações em toda sua variedade, alguns de seus aspectos precisam ser aqui analisados para que se possa compreender melhor como elas irão influir na matemática, especialmente no que se refere à geometria e ao seu ensino.

A ciência pouco contribuiu para a Revolução Industrial, em sua fase inicial, embora a máquina a vapor tenha sido um fator essencial para seu êxito. Por algum tempo, a ciência limitou-se a intervir na indústria somente quando seu auxílio tornava-se necessário para a superação de dificuldades imprevistas não resolvíveis por meios puramente técnicos. Neste momento, a ciência tinha mais a aprender com a indústria do que a ensinar-lhe:

"Declara-se freqüentemente que a máquina de Newcomen e suas precursoras teriam sido impensáveis sem as idéias teóricas de Boyle, Torricelli e outros; e que Watt tirou muito de sua competência técnica e imaginação de seu trabalho com cientistas e instrumentos científicos em Glasgow. Há, sem dúvida, alguma verdade nisso, embora o quanto seja impossível dizer. Uma coisa é clara: uma vez que o princípio do condensador se parado foi estabelecido, os subsequentes avanços deveram pouco ou nada à teoria. Pelo contrário, todo um ramo da Física, a termodinâmica, desenvolveu-se em parte co-

mo resultado das observações empíricas dos métodos de engenharia e execução." (Landes, *The Unbound Prometheus*, apud Braverman, *ob. cit.*; 140/141).

A ciência deste período, em vez de tornar possíveis novas técnicas a partir da formulação de novos enfoques das condições naturais, limitou-se assim a elaborar suas generalizações simultaneamente com o desenvolvimento tecnológico ou como consequência dele. As universidades estavam ainda voltadas para o saber clássico e os cientistas eram ainda os amadores, os diletantes.

Embora o interesse pela ciência e a necessidade de uma conveniente educação científica fosse crescente³³, o desenvolvimento da primeira dependia ainda da iniciativa privada, tanto no sentido da elaboração do conhecimento, quanto no de patrocínio econômico.

No decorrer do século XIX, porém, esta situação começa a se alterar: a ciência começa a tornar-se indispensável à indústria e à guerra³⁴.

Grandes avanços são feitos em todos os campos. A química, por exemplo, tem um enorme desenvolvimento motivado não só pelo interesse dos cientistas pela matéria e suas transformações, mas também porque é necessário prover a indústria têxtil dos elementos que lhe são fundamentais: soda, ácido sulfúrico e anilinas³⁵.

Cresce o número de pessoas que se dedicam ao desenvolvimento da ciência em suas diversas modalidades. Inúmeras sociedades científicas são fundadas nos diversos países e uma quantidade cada vez maior de revistas científicas são postas em circulação.

É sobretudo nas últimas décadas do século XIX, porém, em consequência do avanço nos campos da eletricidade, aço, petróleo e motor de explosão, setores nos quais a pesquisa científica teórica influi bastante, que a ciência se mostra à empresa capitalista, transformada agora num complexo gigante pela concentração e centralização do capital, como um meio valioso para incrementar a acumulação do capital. Ademais, novas indústrias são criadas a partir de idéias geradas no seio da ciência, que, nessa fase final do século XIX, será aplicada, pela primeira vez em larga escala, à guerra: é quando surgem o submarino, o torpedo, os explosivos violentos e os grandes canhões e inicia-se a mecanização da guerra. (Bernal, ob.cit.;572).

Nesta época, a ciência se desenvolve na Universidade e paulatinamente vai sendo apropriada pelo capital, que se apressa em promover seu desenvolvimento, custeando projetos de ensino e de pesquisa, a construção de laboratórios, etc...

Esta apropriação, que só se completará no século XX, ocorre primeiramente na Alemanha, onde a ciência teórica já havia alcançado um estado avançado, como consequência da importância dada à educação científica³⁶, a qual sofreu forte influência da filosofia especulativa alemã. A

classe capitalista já havia conseguido desenvolver nas universidades, nos laboratórios industriais, nas sociedades e associações profissionais e na pesquisa patrocinada pelo governo, um projeto científico-tecnológico total, integrado e continuado para servir de base à indústria moderna (Braverman, ob.cit.; 141 e 143).

Isto é reconhecido e imitado com maior ou menor rapidez pelos outros países à medida que a Alemanha consegue produzir cientistas mais treinados e manuais e aparelhos de qualidade em número suficiente para suprir as necessidades, não só dentro como para além de suas fronteiras.

À medida que aumenta seu volume e seu prestígio, o trabalho científico vai adquirindo uma organização cada vez mais formal. Ao mesmo tempo, o cientista, transformado agora em membro de uma profissão reconhecida e prestigiada, vai perdendo grande parte de sua antiga independência, já que, de um modo ou de outro, ele é financiado pelo capital e, de forma indireta, é por ele controlado.

A fragmentação da ciência em diferentes especializações faz com que os cientistas não a percebam mais como um todo integrado, o que contribui, também, para reforçar a tendência deles ao conformismo e à fuga da responsabilidade social. Desta forma é que podem escapar ao dilema que os envolve, pois sendo provenientes, na sua maioria, das classes média e alta — os poucos elementos recrutados

entre as classes trabalhadoras, como Faraday, podem ser facilmente assimilados e convertidos — estão automaticamente associados ao desenvolvimento capitalista, não podem, contudo, deixar de constatar que seus esforços são utilizados para o progresso de poucos e a degradação das condições de vida da maioria.

Se alguns cientistas assumiram uma posição de denúncia frente a esta tendência, a grande maioria preferiu, porém, refugiar-se na preocupação exclusiva com as verdades puras da ciência — ou, no caso dos intelectuais alemães, após 1848, tornaram-se "alguns dos adeptos mais ferozes da máquina oficial do Estado". (Bernal, ob.cit. ; 563).

A ciência desempenhara um papel crítico e rebelde à época do combate intelectual entre a burguesia ascendente e a ordem feudal-absolutista, a partir da "idéia de leis naturais da vida social e de uma ciência da sociedade formada segundo o modelo das ciências da natureza" (Löwy, 1988; 19). Este papel podia ser dispensado, agora que a ciência já estava estabelecida e havia motivos de sobra para evitar toda crítica aos abusos da sociedade e para impedir que mudanças fundamentais nesta se operassem:

"... o que era preciso... era superar os conceitos da ciência de suas implicações sociais: criar uma idéia de "ciência pura" e, tornando-a de novo respeitável, permitir-lhe que florescesse e se

tornasse útil". (Bernal, ob.cit. ; 555; grifos da autora).

Para a consecução desse objetivo muito vai contribuir a escola positivista que sustenta, como premissas básicas, a neutralidade e a objetividade da ciência.

O positivismo, que surgira, em fins do século XVIII e princípios do XIX, com Condorcet e Saint Simon, como "uma utopia crítico-revolucionária da burguesia antiabsolutista", vai transformar-se, a partir do século XIX e com Comte, em uma "ideologia conservadora identificada com a ordem (industrial/burguesa) estabelecida" (Löwy, ob.cit.; 18).

O discurso positivista sobre a "neutralidade" e a "objetividade" da ciência vai encobrir a questão do condicionamento histórico e social do conhecimento científico, quer seja ele relativo às ciências sociais ou às naturais, enquanto propõe uma justificação científica com vistas à aceitação da ordem social estabelecida: a ordem industrial mediante a qual se dá o progresso, concebido como o desenvolvimento da indústria e das ciências.

Comte proclama francamente seu comprometimento com essa ordem e sua conformidade a ela:

"Ele (o positivismo) tende poderosamente, por sua natureza, a consolidar a ordem pública, através do desenvolvimento de uma sábia

resignação... Evidentemente só é possível haver uma verdadeira resignação, isto é, uma permanente disposição para suportar com constância e sem nenhuma esperança de compensação, qualquer que seja, os males inevitáveis que regem os diversos gêneros de fenômenos naturais, a partir de uma profunda convicção das leis.

É, pois, exclusivamente com a filosofia positiva que se relaciona tal disposição, em qualquer tema que ela se aplique, e, por conseguinte, em relação também aos males políticos." (apud Löwy, 1988; 25).

Exercendo uma influência considerável, principalmente nos países anglo-saxões,

"... a semente do positivismo Comtiano, sua pesquisa metodológica, estava destinada a tornar-se — de maneira direta ou indireta, aberta ou encoberta, substancial ou diluída, total ou parcial, reconhecida ou não — um dos pilares da ciência universitária (ou institucional) moderna, até hoje." (Löwy, ob. cit.; 25).

Sob a forma neo-positivista, principalmente, ou sob a forma clássica (Comtiana), o positivismo, com "sua insistência no método comparativo, na acumulação de fatos singulares desligados, juntamente com a rejeição da inter-

pretação histórica e econômica" representou "uma retirada ou afastamento geral dos intelectuais dos problemas concretos para os abstratos e de uma atitude naturalista para uma atitude formalista." (Bernal, ob.cit.; 1116 e 1127, grifos da autora).

Concomitante ao grande desenvolvimento do neo-positivismo e, ao que parece, não por simples coincidência, observa-se o predomínio da concepção formalista de matemática, cujas teses enquandram-se, justamente, na tese positivista da neutralidade do saber.

Para o formalista, a matemática não é senão um "jogo formal" no qual os símbolos (termos) de uma certa linguagem são manipulados segundo regras (lógicas) bem definidas. Ao formalista não interessa se os termos por ele empregados têm ou não alguma interpretação. A matemática "pura", do ponto de vista estritamente formal, preocupa-se com derivações que podem ser obtidas, por meio de regras perfeitamente estabelecidas, a partir de sentenças (axiomas) previamente estabelecidas.

Desvincula-se, assim, a matemática de suas aplicações, a matemática dos problemas concretos que — principalmente a partir do início do século XIX, haviam produzido os estímulos geradores do grande desenvolvimento experimentado por esse ramo do conhecimento durante o século passado (Freudenthal, 1973; 15).

Ao mesmo tempo é criada a idéia de uma matemática "pura" em oposição a uma matemática "aplicada", sobre a qual recai a responsabilidade de qualquer ligação com a realidade concreta ou a de qualquer envolvimento menos honroso — inclusive o auxílio prestado ao desenvolvimento do capitalismo industrial ou à guerra³⁷.

Enquanto isso, a matemática "pura" passa a ser concebida como "... uma abstração do espírito humano", no dizer de Whitehead, ou como uma obra de arte, e como tal desprovida de qualquer pretensão de utilidade, como pode-se depreender das palavras, um tanto ou quanto exageradas, de G.H.Hardy:

"Nunca fiz nada 'útil'. Nenhuma descoberta minha já fez, ou parece possível fazer, direta ou indiretamente, para o bem ou o mal, a menor diferença quanto à comodidade do mundo. Ajudei a treinar outros matemáticos, mas matemáticos do mesmo tipo que eu, e seus trabalhos têm sido, pelo menos naquilo bem que eu os ajudei, tão inúteis quanto o meu. Julgado por todos os padrões práticos, o valor de minha vida matemática é nulo; e fora da matemática é de qualquer maneira trivial. Há somente uma possibilidade de que eu escape de uma sentença de trivialidade completa: que se ache que eu tenha criado algo que valeu a pena ser criado. Que eu te-

nha criado alguma coisa é indubitável: o problema é sobre seu valor. A defesa de minha vida, então, ou da vida de qualquer outra pessoa que tenha sido um matemático no mesmo sentido em que fui é o seguinte: que eu adicionei algo ao conhecimento, e que ajudei outros a adicionarem mais; e que estes acréscimos possuem um valor que difere somente em grau, mas não em espécie, das criações dos grandes matemáticos, ou das de quaisquer outros artistas, grandes ou pequenos, que deixaram algum tipo de monumento." (apud Davis e Hersch, 1985 ; 115, grifos da autora).

Uma outra consequência da concepção formalista é que ela possibilita a visão da matemática como sendo uma linguagem. E é assim que ela será tratada pelo positivismo: como uma linguagem mediante a qual é possível enunciar as leis fundamentais das ciências. A matemática fica, portanto, reduzida à condição de um instrumento necessário à formalização das ciências, enquanto ela mesma deixa de ser considerada uma ciência visto que

"... não possui objeto de estudo . Não possui dados observáveis aos quais se podem aplicar regras de interpretação. (...) a matemática parece ser somente uma estrutura formal." (Davis & Hersch, ob.cit. ; 384, grifo da autora).

É verdade que a concepção formalista vem sofrendo vários ataques recentemente. Muitos estudiosos começam a valorizar o processo de descoberta e a considerar a axiomatização como refinamento, como um aspecto secundário da pesquisa matemática; ao mesmo tempo que se nota um retorno ao concreto, ao aplicável:

"Nos textos e tratados, há mais respeito pelo exemplo, menos rigor na exposição formal. A filosofia formalista da matemática é a origem intelectual do estilo formalista no trabalho matemático. Os indícios parecem mostrar que a filosofia formalista poderá em breve perder seu status privilegiado." (Davis & Hersch, ob.cit.; 386).

Ela é, porém, ainda bastante influente na pesquisa e, o que é mais grave, na educação matemática, porque faz, entre outras coisas, com que a matemática seja vista como algo abstrato, que trata de coisas abstratas, estando, pois, destinada a ser apreciada e desenvolvida apenas por

"... indivíduos 'eleitos', com especial talento e tendências inatas." (Machado, 1981; 142).

Reforçam-se, assim as teses positivistas Dürkheimianas que justificam a divisão social do trabalho — e o

sucesso escolar — a partir das aptidões (inatas) dos indivíduos.

Pelo que foi até aqui exposto pode-se perceber que a ciência concorreu para o avanço do capitalismo industrial e que este, por sua vez, não só influenciou no desenvolvimento daquela, como, também, criou condições para que uma determinada concepção de ciência prevalecesse.

Pode-se perceber também o que determinou o surgimento da concepção formalista de matemática, que tanto influenciou, e ainda influencia, no ensino desse ramo do conhecimento.

Resta, agora, analisar de que forma a consolidação do modo capitalista de produção, e a incorporação a ele da ciência, afeta a educação em geral e, em particular, a educação matemática, para, finalmente, verificar o que ocorre, especificamente, com o ensino da geometria.

2.3. O acesso à educação

O direito à educação foi uma das bandeiras no combate da burguesia ascendente contra a ordem feudal — absolutista, na qual a ciência desempenhou um papel re-

levante, e continua sendo uma meta perseguida pela classe trabalhadora até o presente.

Poder-se-ia, desta forma, encarar a história da educação, nestes dois últimos séculos, como a história da luta dos trabalhadores visando a conquista desse direito e de como as modificações nas condições conjunturais permitiriam avanços, ou determinaram retrocessos, na consecu
ção desse objetivo.

Embora os contextos sócio-políticos particulares possam explicar as diferenças na organização dos sistemas de ensino dos países industrializados, é possível, no entanto, notar certas semelhanças no modo pelo qual es
sa organização evoluiu. E, mais ainda, essas semelhanças se
rão melhor compreendidas se tal evolução for examinada a partir do desenvolvimento do capitalismo³⁸, desde a fase de adoção do sistema fabril até a das grandes corporações dos dias atuais, e dos conflitos por ele gerados.

De um modo geral, como foi comentado anteriormente, a partir do Renascimento, muito mais gente de todas as classes sociais tivera acesso à educação, ao conhecimento. Isto é particularmente observável à época da Revolução Industrial, segundo relata Braverman (1981;120/121), não só se referindo aos mecânicos, como a várias ou
tras categorias profissionais.

Entretanto, a implantação do modo de produção ca
pitalista baseado na fábrica se traduz

"... do ponto de vista do artesão das corporações, num longo e inexorável processo de expropriação ... (ele) foi libertado de toda a sua propriedade e transformado num moderno proletário... Ao entrar na fábrica, que tem na ciência moderna sua maior força produtiva, ele foi expropriado também de sua pequena ciência, inerente ao seu trabalho; esta pertence a outros ... e com ela perdeu, apesar de tê-lo defendido até o fim, aquele treinamento teórico-prático que, anteriormente, o levava ao domínio de todas as suas capacidades produtivas: o aprendizado." (Manacorda, 1989; 51).

Na fase inicial de seu desenvolvimento, o capitalismo industrial necessita, para sua expansão, de uma grande massa de trabalhadores e vai recrutá-los, primeiramente, entre os membros dos antigos ofícios e corporações. Como, nesta etapa, o trabalho a ser executado não requer muita qualificação, podem ser nele incorporados os elementos expulsos das zonas rurais, nas quais o trabalho humano se faz cada vez menos necessário pelo emprego de maquinaria e pela introdução de modernas técnicas agrícolas. Uma grande parcela da mão-de-obra não qualificada utilizada na indústria nesse momento é constituída por mulheres e por crianças. (Paci, 1977; 344).

A necessidade de produzir mais para atender a um mercado que se expande acentuadamente, bem como o esta

belecimento de ramos totalmente novos de produção, determinam um maior investimento em maquinaria e em técnicas mais modernas. A introdução destas nas fábricas produz conseqüências importantes em relação à educação, pois exige dos trabalhadores em geral um mínimo de escolarização, tornando conveniente, também, que uma parte deles possua conhecimentos técnicos especializados.

Desta forma,

"...os próprios industriais são obrigados, pela realidade, a se colocarem os problemas da instrução das massas operárias para a tender às novas necessidades da moderna produção de fábrica." (Manacorda, ob.cit.;272).

Na Inglaterra, a educação para as crianças trabalhadoras é raramente providenciada antes de 1833 — em bora já existissem leis que dispunham sobre a instrução dessas crianças desde 1802 e, sobre a idade mínima para seu emprego pelas fábricas, desde 1819. (Silver, 1983;36/37 e Leon, ob.cit.; 379). A partir daí, e já que a tecnologia introduzida nas fábricas permite a redução das horas de trabalho das crianças e os donos das fábricas recohecem que a "educação poderia ser um instrumento útil e socialmente manipulável" (Silver, ob.cit.;37), passam a ser tomadas algumas medidas — que, aliás, já vinham sendo exigidas nos debates e campanhas promovidos por filantropos e utopistas, preocupados com os problemas gerados

pelo sistema fabril, principalmente os relativos ao trabalho das crianças e o número excessivo de horas de trabalho diário delas exigido.

Estabelece-se, assim, a obrigatoriedade de que as fábricas providenciem meio-dia de instrução (geralmente três horas) diária para seus empregados até uma certa faixa etária³⁹. Tal decisão não conduz ao estabelecimento de um sistema de ensino público unificado — deixando à iniciativa privada, seja esta representada pela Igreja ou instituições beneficentes, a responsabilidade pela educação popular — e nem garante a eficácia da aplicação da própria lei, dado que cada instituição pode interpretá-la de acordo com o seu ponto de vista.

Na França, apesar da luta travada desde antes da sua Revolução para tornar o ensino universal, obrigatório e gratuito, os resultados, na prática não foram muito diferentes. O mesmo ocorre nos demais países — com exceção da Alemanha, onde já em começos do século XIX, Humboldt, no cargo de Ministro do Interior, coloca a responsabilidade pela educação nas mãos das autoridades estatais locais. (Léon, ob.cit.; 377 e Manacorda, ob.cit.;277).

Uma vez estabelecida a necessidade e a utilidade da educação e dados os primeiros passos no sentido de que se proporcionasse a instrução — prévia ou concomitante ao trabalho — aos jovens trabalhadores, as questões passam agora a ser: quanta educação e de que tipo. E, segundo se

pode depreender dos documentos que registram os debates da época, a opinião prevalecente é de que seria a mínima necessária e de tipo a instilar as atitudes morais adequadas. A opinião expressa pela direção de uma fábrica de produtos manufaturados de algodão é que

"Nós somos de opinião que é mais propício ao bem estar de nossos empregados instruí-los no cristianismo do que torná-los sábios em co-nhecimentos mundanos; nós não queremos políticos em nossas fábricas, mas empregados pacíficos". (Silver, ob.cit.; 39, tradução e grifos da autora).

A educação popular é vista, ao longo do século XIX, como um instrumento para "melhorar a conduta e hábitos de subordinação dos trabalhadores fabris em geral", contrabalançando, assim, as "péssimas influências de casa, inculcando atitudes morais desejáveis e levando a um conhecimento completo da natureza e dos pecados da mentira, do roubo, da blasfêmia, etc," e contribuindo, desta forma, para a preservação da ordem social. (id.ibid).

Embora argumentando em favor da educação como uma contribuição para o bem-estar futuro dos trabalhadores e para uma possibilidade ocasional de mobilidade social, percebe-se, mesmo entre os educadores, uma preocupação de que o desenvolvimento do processo educativo pudesse levar as crianças da classe trabalhadora a serem educadas "acima

de sua situação", que promovessem sua auto-estima" para além da sua posição natural na sociedade".

Como diz Sharp (1980; 121):

"O principal objetivo (das instituições patrocinadas por setores da classe média para os trabalhadores) era, inequivocamente o controle social, não importa como ideologicamente disfarçado. Por certo, da perspectiva da burguesia em desenvolvimento, as massas urbanas tornando-se conscientemente politizadas se constituíam numa ameaça muito real para uma organização social baseada na propriedade privada da produção, a qual prometia liberdade, auto-desenvolvimento e bem estar crescentes, mas que falhava em proporcionar as condições para sua realização." (tradução e grifos da autora).

As mesmas preocupações observadas em relação à educação das crianças trabalhadoras se fazem sentir também no tocante à educação de adultos, concretizada, na Inglaterra, nos institutos de mecânica ou nos cursos organizados pela Sociedade para a Difusão do Conhecimento Útil ou por instituições congêneres. Todas as instituições que existiam no início do século, pertencentes ou controladas pelas corporações e movimentos associativos dos trabalhadores (Léon, 1977; 351 e Sharp, 1980;119), destinadas a educação de seus membros, vão sofrer o ataque do Estado e sob

sua pressão, ou coação indisfarçada, vão se desintegrando e se extinguindo. Em seu lugar surgem outras, similares, mas patrocinadas (e controladas) pelo Estado ou por grupos com interesses políticos diametralmente opostos aos dos trabalhadores, já que se destinam muito mais à contenção destes e ao seu treinamento no respeito à ordem, à propriedade e à autoridade (Sharp, 1980; 120/121).

É impossível ignorar que todas as medidas adotadas com relação à escolarização durante o século XIX nos diferentes países tendem à criação de um duplo tipo de ensino: um para o povo e outro para as elites.

A educação destinada à formação do trabalhador e sua adaptação ao trabalho, constitui-se numa escola elementar, que se dedica, em geral, somente a ensinar a ler, a escrever e a contar e numa escola técnica profissional.

A educação tradicional, de cunho clássico, é reservada aos filhos do sexo masculino da elite. As escolas preparatórias — a "public school" inglesa, o liceu francês, o gymnasium alemão — e, depois, as universidades, dão conta da formação dos elementos que se dedicarão ao direito, à igreja e ao governo, isto é, produzem as elites políticas, administrativas e profissionais do país (Silver, ob.cit.; 162 e 177).

De qualquer modo, a luta pela ampliação do acesso à educação em todos os níveis continua durante todo o transcorrer do século, fazendo com que se criem certos mecanismos, exames de admissão e de qualificação, por exem-

plo, que permitam o acesso aos níveis superiores de escolarização a um certo número de estudantes oriundos das classes inferiores, os "mais aptos", os "mais capazes". Isto vai permitir que as diferentes oportunidades educacionais proporcionadas aos indivíduos de diferentes classes sociais sejam justificadas, a partir daí, pelo mérito pessoal⁴⁰ — isto é, pelas capacidades inatas e pelo esforço desenvolvido por cada um — e não mais, como antes era feito declaradamente, pelas diferenças de classe de posição social (Gordon & Lawton, 1978; 3/4).

O desenvolvimento industrial crescente, que nas décadas finais do século XIX transformara as fábricas em grandes indústrias, vai necessitar, porém, neste estágio, de um outro tipo de mão-de-obra. A demanda já não é mais por uma massa de trabalhadores — mulheres e crianças — com pouca ou nenhuma qualificação. O que se requer agora são trabalhadores e técnicos dotados de uma qualificação básica ou "genérica" à qual se acrescentam, no caso de uma quantidade significativa da mão-de-obra, especializações profissionais específicas.

E esta "qualificação genérica", a habilidade de se adaptar à mudança, a versatilidade, enfim, aquelas qualidades que permitem ao trabalhador "flutuar" de um setor a outro da fábrica sob a pressão do progresso tecnológico, são conseguidas por meio de uma educação adequada. (Paci, 1977; 345).

A expansão industrial e o rápido crescimento do comércio, bem como as cidades que surgem e se desenvolvem ao redor das indústrias e do comércio e a própria ampliação do sistema escolar — decorrente da urbanização acelerada e das conquistas progressivas dos movimentos que visavam a abolição ou, pelo menos, a restrição do trabalho de crianças e jovens — vão suscitar também a necessidade de novos tipos de profissionais, não só para exercerem as funções administrativas e de planejamento, como para se encarregarem das funções burocráticas.

Além disso, relatórios de superintendentes, gerentes de fábricas, e mesmo de associações de professores, apoiados em estudos como os realizados entre 1880 e 1910, nos EEUU, sobre salários e escolarização, procuram mostrar que quanto maior a educação recebida, maiores os rendimentos no futuro. (Cohen e Lazerson, 1977; 374). Aumenta, assim, a pressão, por parte dos pais da classe trabalhadora e da classe média, para que se ampliem — já que a educação elementar fora bem ou mal assegurada a todos — as oportunidades educacionais de seus filhos, permitindo-lhes o acesso a cargos mais bem pagos e menos exigentes financeiramente. (Carnoy, 1989; 109).

Tem início, então, o processo de expansão da escola secundária, o que não significa, no entanto, que o sistema de educação secundária oferecido às massas seja a ampliação daquele reservado à elite. Em que pese as diferenças entre os sistemas adotados nos vários países, pode-se perceber que, para a elite, a educação secundária, em

geral proporcionada em escolas particulares, continua sendo a preparatória para a universidade, enquanto que a destinada às massas, de caráter eminentemente terminal e provendo uma educação útil e cada vez mais profissional⁴¹, é realizada em novas instituições, em geral públicas, criadas para este fim, por professores treinados em programas especiais de treinamento⁴². E, mesmo quando a educação secundária é oferecida a alunos das diferentes camadas sociais na mesma instituição, as diferentes oportunidades educacionais são promovidas pela diferenciação curricular. (Cohen e Lazerson, 1977; 376).

Novas matérias e novos cursos são introduzidos. Muitas dessas matérias não mais refletem a crescente diferenciação das disciplinas acadêmicas, mas "representam aspectos até aqui negligenciados da existência social" (citado em Trow, 1977; 108).

A justificativa para esta mudança total no currículo da escola secundária vai ser encontrada nas teorias educacionais de Dewey⁴³ e demais defensores da educação progressiva. Como observa Conant:

"Confrontados com uma "população heterogênea (a da escola secundária) destinada a se dedicar a toda espécie de ocupação", os professores da escola secundária, os administradores e os professores de educação necessitavam de alguma justificativa para rever completamente o currículo dessa escola secundária ori

ginalmente projetada para um grupo homogêneo de estudantes. O movimento progressivo, com sua ênfase na criança, no "aprender fazendo", na democracia e na cidadania, e com seu ataque aos argumentos levantados em defesa do currículo clássico, trazia à baila precisamente aquelas novas idéias de que tanto se necessitava" (apud Trow, 1977, 109, tradução e grifos da autora).

A criação desse sistema terminal de educação secundária não conduz somente a mudanças curriculares, mas promove alterações profundas nas premissas subjacentes à essa educação. Como observa Lawrence Cremin, referindo-se aos pronunciamentos favoráveis à "escola centrada na criança":

"... eles prepararam o caminho para uma alteração fundamental no significado de igualdade de oportunidade no nível secundário. Antes, quando o conteúdo e os objetivos da escola secundária eram bem definidos, igual oportunidade significava o direito de todos quantos pudessem lucrar com tal educação de gozar seus benefícios. Ora, o "dado" da equação passa a ser não mais a escola, seu conteúdo e seus objetivos, mas as crianças com suas experiências e necessidades. Igual oportunidade significa agora, simplesmente, o direito de todos a

que algo de valor lhes seja ofere-
cido, e cabe à escola a obrigação
de oferecer esse algo." (apud Trow,
1977; 109, tradução e grifos da
autora).

Como o conteúdo e os objetivos propostos pela escola nem sempre se mostram relevantes aos alunos que as frequentam — e, nos diversos países, a frequência vai se tornando obrigatória — surge o problema da motivação e dos métodos de ensino, problemas esses levantados já nos trabalhos de Dewey, e que se tornarão mais e mais presentes na literatura pedagógica.

Mesmo com a expansão da escola secundária, a educação continua sendo utilizada como um mecanismo de seletividade para a inserção na estrutura ocupacional — principalmente pelo fato de ser a escola em geral vista como preparação para a vida e, portanto, para o trabalho, como se depreende da formulação de um educador de Michigan, em 1921:

"Podemos conceber o sistema educacional como tendo uma função muito importante como uma agência seletiva, como um meio para selecionar os mais inteligentes dos deficientes e medíocres. Todos são depositados na base do sistema; os incapazes são logo rejeitados, ou caem fora dele após repetir várias vezes, e entram para as fileiras da força de trabalho não qualificado... Os mais inteligentes, que se torna

rão empregados de escritório, frequentarão a escola secundária; os melhores dotados irão para a universidade, onde serão selecionados para as profissões" (apud Cohen e Lazerson; 175, tradução da autora).

Assim, a justificativa para as diferenças de oportunidades educacionais e, conseqüentemente, ocupacionais, repousa novamente no indivíduo, na sua capacidade intelectual e mérito pessoal, omitindo-se as diferentes condições oferecidas na escola a estudantes de diferentes classes sociais.

É ainda, a correlação entre nível de inteligência, escolaridade e posição na estrutura ocupacional que dão um forte impulso à aplicação de testes vocacionais, que, acreditava-se, possibilitaria a separação dos estudantes com base na projeção de seu status adulto, condicionando, assim, a oferta de educação à expectativa ocupacional⁴⁴. Desta forma, os testes vêm fornecer reforço a um argumento a mais para a diferenciação curricular (Cohen & Lazerson, ob.cit.; 375/376).

Após a Segunda Guerra Mundial, quando a estrutura ocupacional passa por nova transformação — para atender às mudanças no interior do capitalismo, na fase em que os grandes conglomerados se transformam em empresas transnacionais — dá-se a expansão da educação superior.

Embora já se pudesse notar o crescimento da educação superior, desde o início do século até a década de 40, este era ainda muito lento, principalmente se comparado com o da educação secundária no mesmo período. Torna-se porém, cada vez mais rápido, a partir do final da guerra, de modo que um número cada vez maior de concluintes do curso secundário ingressa no ensino superior (Trow, ob.cit. ; 110).

As instituições existentes expandem-se e diversificam-se. Novas instituições são criadas. Oferecem-se mais cursos ligados às ciências e à tecnologia.

Acena-se aos estudantes com a possibilidade de acesso, via universidade, a ocupações mais bem remuneradas e a trabalhos mais atraentes e, considerando suas oportunidades profissionais futuras⁴⁵, os jovens sentem-se impelidos a ingressarem nos cursos superiores. Fica patente, porém, a desigualdade nas condições de acesso oferecidas às diferentes classes sociais: as escolas tradicionais e renomadadas — e, portanto, as mais seletivas — acabam sendo freqüentadas pela elite, cuja educação anterior (escola secundária preparatória) favorece o desenvolvimento daqueles conhecimentos e habilidades necessários ao atendimento das exigências impostas para o ingresso a essas instituições.

Aos elementos oriundos das classes inferiores cabe lutar por vagas em instituições menos importantes — embora aos "mais aptos" e "mais inteligentes" dentre eles se permita o acesso às melhores escolas.

Tendo em vista o objetivo deste trabalho, cumpre ressaltar o processo seletivo presente na educação escolar e o papel desempenhado pela matemática como fator seletivo, numa sociedade cada vez mais tecnológica, principalmente sabendo-se que, em vários países, o futuro dos diferentes estudantes fica praticamente determinado nos primeiros anos escolares.

2.4. O ensino da matemática: o caso da geometria

Deve-se analisar o desenvolvimento do ensino da matemática e, em especial, o da geometria, tendo como pano de fundo as transformações que se operam na sociedade, na ciência e na educação nestes dois últimos séculos.

Na história do ensino da matemática, bem como na do próprio desenvolvimento desta, tem particular importância a criação, na segunda metade do século XVIII, na França, das escolas e academias militares. Estas instituições destinam-se à formação de engenheiros militares, para a qual a matemática desempenha um papel importante. Nelas são ministrados, agora, os primeiros cursos desta disciplina⁴⁶.

Também importante para a matemática e seu ensino é a fundação da Escola Politécnica de Paris, na última década do século XVIII, à época em que os revolucionários de

vem enfrentar os exércitos realistas e se torna, pois, necessária uma instrução mais centralizada em engenharia militar (Struik, 1967; 144).

Muitos dos grandes matemáticos franceses têm seu nome ligado à Escola Politécnica por terem aí ensinado, estudado ou atuado como examinadores⁴⁷. Nela se enfatiza tanto a pesquisa quanto o ensino, assim como a matemática, a teórica e a prática. Aí atua Monge, e sob sua influência floresce a geometria⁴⁸ e seu ensino. Vários de seus alu - nos destacam-se também por importantes contribuições dadas ao desenvolvimento deste ramo do conhecimento, dentre os quais merece destaque Poncelet.

A Revolução Francesa e o período napoleônico abrem caminho para a Revolução Industrial no continente europeu, oferecendo excelentes condições para o desenvolvi - mento da matemática:

"A matemática progrediu muito saudavelmente na França e, um pouco mais tarde, na Alemanha, países onde se fez sentir mais agudamente a ruptura ideológica com o passado e onde mudanças radicais fo - ram ou precisaram ser feitas para preparar o caminho para a nova estrutura capitalista". (Struik, 1967; 139, tradução da autora).

Tais acontecimentos estimulam o interesse pelas ciências físicas e pela educação científica e técnica, fa -

zendo com que se levantem críticas contra a imobilidade da vida acadêmica e contra suas antiquadas formas de pensamento . Disto decorre um processo de reformulação e modernização das universidades e escolas superiores, nas quais se reserva para a matemática um lugar mais importante do que no passado, passando a geometria, a álgebra, a análise e a mecânica a figurar com mais destaque nos planos de estudo (Collette, 1985; V.II, 279).

Deste modo, a partir do século XIX, o matemático está cada vez mais ligado, como professor, às universidades e escolas superiores, onde, livre das preocupações econômicas imediatas, pode dedicar-se não só ao ensino como à pesquisa.

Se, porém, a matemática é, desde a criação das escolas militares, cada vez mais privilegiada nos cursos superiores, o mesmo não ocorre nos níveis inferiores de ensino. Nas escolas preparatórias, onde estudam as elites, pouco ou nenhum tempo é destinado ao ensino da matemática. Este, via de regra, é proporcionado privadamente àqueles que se interessam e podem pagar por ele.

É somente a partir de inícios do século XIX que o ensino da matemática começa a ser introduzido nas escolas⁴⁹ — mais ligado, porém, aos estudos clássicos do que aos científicos. Nessas escolas, porém, o estudo da matemática tem como objetivo favorecer a busca das verdades abstratas — já que a sociedade na qual estão inseridas consi

dera ser uma virtude não ter utilidade prática o conhecimento escolar e crê que se consiga a cultura e a formação⁵⁰ através do estudo dos clássicos.

A geometria, ensinada a partir dos textos de Euclides, recebe um tratamento puramente abstrato, com inteiro desprezo pelas aplicações práticas. A álgebra é desenvolvida isoladamente tanto em relação à geometria como a aritmética. Esta, considerada um ramo separado e inferior da matemática, talvez pela ênfase dada a seu aspecto utilitário e pelo seu uso para fins comerciais, tende a degenerar na manipulação mecânica de símbolos (Gordon & Lawton, 1978; 91/94).

A medida que os ofícios vão sendo substituídos pela implantação do sistema fabril, a escola elementar passa a ser, praticamente, até fins do século XIX, a única aberta à maioria dos trabalhadores⁵¹. Nela, além do aprendizado da leitura e da escrita, busca-se apenas a competência nos processos aritméticos (Gordon & Lawton, id. ib.). Além dela pouco resta aos trabalhadores senão o aprendizado profissional, realizado no próprio local de trabalho.

É verdade que algumas iniciativas são tomadas no sentido de promover o estudo e a difusão das ciências também entre os trabalhadores⁵². Assim são criados, na Inglaterra, os institutos de mecânicos, e, na França, as escolas de artes e ofícios, nos quais se instruem os jovens operários nos "elementos da aritmética, da geometria, da mecânica, do desenho, da física e da química", que podem ser aplicados nos ofícios. Até outras formas de populari-

zação dos conhecimentos são experimentadas, como, por exemplo, a que antigos politécnicos, sob o impulso do barão Charles Dupin, promovem, difundindo numa centena de localidades da França o ensino da geometria e da mecânica, dado no Conservatório de Artes e Ofícios (Bernal, ob.cit.; 564; Léon, ob.cit.; 351/353 e Manacorda, 1989; 287). Essas medidas parecem atingir, no entanto, conforme salienta Bernal (ob.cit.; 564), apenas uma minoria insignificante dos trabalhadores.

De qualquer modo, fica patente a dualidade do ensino proposto às elites e à massa e esta dualidade não consiste somente na implantação de tipos diferentes de escolas para atender às diferentes classes sociais; ela se expressa também no objetivo com que são ministradas as várias disciplinas em cada tipo de escola — o que se revela bastante significativo do ponto de vista do ensino da geometria.

Nas escolas para a elite, busca-se o desenvolvimento das capacidades intelectuais, o que leva, na geometria, à ênfase dos processos dedutivos, através dos quais se pretende conseguir o desenvolvimento do raciocínio lógico. As escolas para as camadas inferiores são orientadas a prepararem os estudantes para o trabalho, por isso a ênfase nas aplicações práticas dos princípios das ciências e, o que interessa a este trabalho, particularmente nos princípios da geometria.

Esta situação permanece mais ou menos estável durante boa parte do século XIX, começando, no entanto, a se alterar progressivamente, à medida que aumenta a pres -

são dos segmentos inferiores da sociedade por acesso a níveis melhores de escolarização. A necessidade crescente da ciência, ditada pelo desenvolvimento industrial, dirige a atenção para a ampliação e melhoria da educação técnico-científica — o que implica numa maior ênfase em relação ao ensino da matemática, dado que esta, sob a então crescente influência do positivismo, é vista cada vez mais como uma ferramenta para as outras ciências.

A importância da matemática é, por exemplo, reconhecida na Inglaterra, em 1868, pela Comissão Taunton, que especifica a língua (inglesa), a matemática e as ciências naturais como as três principais disciplinas da escola secundária, embora sua proposta de criação de um sistema de escolas divididas em três categorias, cada qual com um currículo próprio, reflita ainda a mentalidade de que a classes diferentes devem ser dadas escolas diferentes, não só com relação aos currículos, mas também aos enfoques dados às disciplinas. Assim é que, de acordo com a Comissão, na primeira categoria de escolas — a destinada às elites e, portanto, preparatória à Universidade — os estudos são necessariamente clássicos, embora devam ser incluídos elementos de economia, línguas modernas, matemática e ciências naturais. Já nas do segundo tipo, direcionadas aos rapazes destinados às profissões, ao comércio e ao exército, é recomendado o latim, uma língua moderna, matemática e ciência, porém "as mentes dos estudantes deveriam ser permanentemente conduzidas aos exemplos concretos, ao invés de serem exercitadas em abstrações"(grifos da autora). A terceira categoria — declarada a mais urgentemente ne -

cessária — destina-se aos futuros trabalhadores. Seu currículo deve incluir rudimentos de química inorgânica e geometria prática, além das matérias básicas. (Gordon & Lawton, 1978; 13 e 95; grifos da autora).

É esta, em algumas variações, a fórmula adotada para a escola secundária nos sistemas nacionais de ensino que, na segunda metade do século XIX, vão sendo estabelecidos, na maioria dos países europeus e na América.

Nenhuma articulação entre os três tipos de escola é considerada⁵³. O ensino não é, como o elementar, nem obrigatório, nem gratuito (o que só se concretizará no século XX), embora alunos provenientes das classes subalternas que se destaquem (os "mais aptos", os "mais capazes") possam vir a ser agraciados com prêmios e bolsas de estudos que lhes permitam prosseguir sua educação nos estabelecimentos reservados às classes superiores da sociedade⁵⁴.

As novas disciplinas introduzidas nos currículos e os diferentes enfoques com que devem ser ministradas nos diferentes tipos de escola, vão suscitar outro problema: a necessidade de professores treinados para assumirem o seu ensino. Tais professores não são encontrados nem em número suficiente e nem com a qualificação necessária — e as Universidades existentes não estão preparadas para fornecer nem os professores nem a orientação para o ensino dessas novas disciplinas — o que vem dificultar a introdução dessas disciplinas nas escolas ou proporcionar-lhes um ensino mais precário⁵⁵.

É justamente quando, de uma forma ou de outra, a escola secundária progressivamente se expande e um maior número de alunos, mesmo entre os das classes menos privilegiadas, têm acesso a esse nível de escolarização, um novo tema desponta no debate educacional: o da qualidade do ensino.

Critica-se, então, o ensino tachando-o de demasiado teórico e de priorizar as disciplinas intelectuais e os conhecimentos abstratos (Vial, 1977; 394). Comissões são criadas para verificar a situação do ensino secundário em geral e das novas disciplinas em particular.

Uma dessas comissões, na Inglaterra, é estabelecida pela Associação Britânica para o Progresso da Ciência, com a finalidade de estudar possíveis aperfeiçoamentos a serem introduzidos no ensino de geometria elementar. O primeiro relatório dessa comissão, publicado em 1873, afirma que as exigências dos exames estava prejudicando (ou melhor, "estupidificando") os métodos de ensino. A Associação Anti-Euclides, formada em 1870, questiona o estado em que se encontrava o ensino da matemática nas escolas—consistindo, em geral, de aritmética, álgebra, geometria e cosmografia (Vial, 1977; 403). Critica-se principalmente o ensino da geometria, cujo livro texto é ainda o de Euclides.

A reformulação do currículo das escolas secundárias com a introdução de novos tópicos como trigonometria, geometria analítica e cálculo, bem como a adoção de novos

métodos de ensino e exigências relativas aos exames⁵⁶ sô se tornarã, porém, realidade em inícios do século XX.

A partir de fins do século XIX começam a surgir as tendências conhecidas como "escola nova". Partindo da crítica à escola e à educação tradicionais, seus defensores propõem uma educação que leve em conta a evolução natural da criança, que procure respeitar e estimular ao máximo sua personalidade, num ambiente que estimule a cooperação entre os alunos. A pedagogia escolanovista coloca, pois, como essencial

"... o conhecimento da psicologia infantil e da psicologia da idade evolutiva, tanto da criança individual como da infância e da adolescência em geral, como idade que tem em si suas leis e sua razão de ser." (Manacorda, ob.cit.; 305).

No entanto, embora as idéias da "educação nova" tenham servido para enfatizar a importância — e a necessidade — de uma mudança nos métodos de ensino, bem como de uma reavaliação da própria organização escolar e do currículo das disciplinas, pouca alteração parecem ter trazido com relação ao ensino da matemática e, em particular, ao da geometria. Esta, ao que parece, continua sendo priorizada, na escola elementar e na secundária do tipo técnico, pelo seu aspecto prático, utilitário, enquanto que nas escolas destinadas aos segmentos superiores da sociedade procura-se desenvolvê-la sistematicamente, enfatizando-se os processos de dedução e demonstração.

A partir do século XX, com os avanços tecnológicos torna-se desnecessário que crianças e jovens trabalhe ao mesmo tempo que aumenta a necessidade de prepará-los melhor para sua futura inserção na força de trabalho. Desta forma, em muitos países, o período de escolarização compulsória vai sendo prolongado, exigindo, assim, a criação de escolas onde se possibilite aos jovens prosseguirem seus estudos.

Os currículos vão sendo também modificados, de modo a torná-los mais realistas, práticos e técnicos.

Quanto ao ensino da matemática, novos tópicos são introduzidos e novos manuais de ensino passam a ser utilizados.

Reformas nos sistemas educacionais dos diversos países são efetuadas após a Primeira e, principalmente, após a Segunda Guerra Mundial, quando, na maioria dos países, o ensino secundário se torna predominantemente gratuito. Tem início, como já comentado, uma maior demanda pelo ensino superior, com a conseqüente expansão deste.

Os grandes avanços tecnológicos e científicos ocorridos a partir da Segunda Grande Guerra levam à necessidade de que um número crescente de indivíduos esteja de posse de um nível de conhecimentos matemáticos que "supere a aplicação das quatro operações às atividades de enumeração ou de medição" (Not, 1981; 273). Seja pelos instrumentos que fornece, seja pelas formas de pensamento que asse-

gura, o certo é que a matemática torna-se cada vez mais importante, não são às disciplinas a que esteve tradicionalmente ligada como a física, a química, a biologia, mas a outras, com as quais até recentemente não tinha qualquer relação — como a psicologia, a medicina, a lingüística, e outras.

Há muito vinha-se questionando o ensino de matemática, porém, em princípios da década de 50 a crítica accentua-se: é a disciplina na qual os alunos tem pior desempenho e a que neles causa maior aversão. Muitos adultos instruídos comentam da inocuidade de seus cursos de matemática, confessando que pouco haviam retido do conteúdo ensinado⁵⁷ (Kline, 1976; 32).

E, como é assinalado com propriedade por Kline, embora sejam muitos os fatores que determinam o resultado de qualquer atividade pedagógica, os grupos que empreendem a reforma — tanto nos EEUU, como nos outros países — concentram-se no currículo, considerando que a melhoria deste resultaria, por si só, num melhor ensino de matemática.

O primeiro grupo a se formar nos Estados Unidos foi a "Comissão de Matemática Escolar da Universidade de Illinois", em 1952, que começou a preparar um novo currículo de matemática para a escola secundária.

Por coincidência ou não, assinala Kline (ob. cit.; p.33), muitos outros grupos⁵⁸ dedicam-se à criação de novos currículos de matemática, quando as agências go-

vernamentais se dispõem a financiar pesquisas nesse sentido — o que vai ocorrer após o lançamento do Sputnik, em 1957, quando o governo e a opinião pública norte-americanos se convencem de estarem atrasados em relação aos soviéticos no que diz respeito à matemática e à ciência.

Uma das principais alegações dos diferentes grupos dedicados à tarefa de reformar o currículo de matemática com relação aos maus resultados obtidos no ensino dessa disciplina é que os tópicos abordados no currículo tradicional se referem a desenvolvimentos anteriores ao século XVIII. Campos novos, como a álgebra abstrata, a topologia, a lógica matemática, a álgebra de Boole, deveriam substituir os tópicos tradicionalmente abordados. A ênfase no novo (conteúdo e abordagem) faz com que o movimento fique conhecido como "matemática moderna".

Essas idéias encontram eco em outros grupos e em outros países. Em 1959, conforme relata Kline (ob.cit.; 35), num encontro internacional realizado em Royamont (França), recomenda-se que se abandonem completamente todos os tópicos tradicionais do currículo da escola secundária, inclusive a geometria euclidiana — Dieudonné, um dos matemáticos ligados ao influente grupo Bourbaki, chega a proclamar: "abaixo a geometria (euclidiana)!". Dada a crescente importância da matemática abstrata como base da ciência moderna — cujos rumos são agora ditados pela teoria da relatividade e pelo desenvolvimento da eletrônica e dos computadores — recomenda-se a inclusão de novos tópicos como a lógica, as estruturas, e ensinadas numa nova linguagem: a da teoria dos conjuntos.

Quanto à geometria, seu estudo é reduzido justamente no momento em que a escola secundária se democratiza e privilegia-se, em seu lugar, a álgebra e a aritmética. Procura-se justificar essa nova orientação do ensino, como o fazem os autores de um manual de ensino (francês) "não somente pelo campo de aplicação sempre mais vasto da aritmética à física, à química, à biologia, mas sobretudo pelo valor cultural do estudo do número em si mesmo" (apud Not, 1981; 305/306).

Se, de alguma forma, seu estudo é desenvolvido em sala de aula, são novas as diretrizes que o orientam:

"O estudo (da geometria) doravante não mais se atém a descrever os atributos ou as propriedades de um ser geométrico para daí deduzir as implicações que nele estão contidas, mas somente as propriedades formais de sua estrutura pelas transformações que ela admite ou impede" (Not, 1981; 306/307).

Ora, o ensino da geometria no enfoque tradicional já enfrentava grandes problemas, seja com relação ao conhecimento do professor, aos métodos utilizados, ou ainda às dificuldades de se estabelecer uma ponte entre a geometria prática preconizada para a escola elementar e a abordagem axiomática introduzida na secundária. Problemas ainda maiores surgem com a implantação de programas onde se desenvolve a geometria sob o enfoque das transformações — até os próprios defensores da Matemática Moderna reco-

nhecem não se tratar de tópicos dominados pela maioria dos professores em exercício. A geometria acaba muitas vezes por não ser ensinada, sob qualquer enfoque (Kline, 1976; 37). Além disso, como salienta Not, abordada sob o novo enfoque

"Como no laboratório da Universidade, a geometria deixou de ser discursiva para tornar-se algébrica. Todas essas metamorfoses provocaram o desaparecimento da segunda função de seu ensino, que consiste em formar o raciocínio hipotético-dedutivo" (ob.cit.; 307. grifos da autora).

Em vez da geometria — ou ao lado dessa geometria algébrica que não privilegia o desenvolvimento do raciocínio hipotético-dedutivo — enfatiza-se a álgebra, na qual, segundo ainda Not (ob.cit.; 311) "se experimentam e se organizam os processos de transformação, isto é, o formalismo". E nas transformações algébricas a ênfase está mais nas relações do que nas quantidades concretas, o que pode conduzir à mecanização das operações, permitindo de certo modo, que se maneje a álgebra sem pensar. Como diz Alain:

"A álgebra se assemelha a um túnel; você passa sob a montanha sem se ocupar com as cidades e os caminhos em redor: você se encontra do outro lado e não viu

nada". (Propos sur l'éducation, apud Not, ob.cit; 311).

Ora, a ênfase no aspecto algébrico do ensino da matemática, sem o complemento proporcionado pelo enfoque geométrico, priva os indivíduos de um desenvolvimento integral dos processos de pensamento, necessários à resolução dos problemas matemáticos, pois, como coloca Atiyah,

"Falando de um modo geral, gostaria de sugerir que geometria é a parte da matemática onde o pensamento visual é dominante, enquanto que na álgebra predomina o pensamento seqüencial. Esta dicotomia talvez seja melhor expressa pelos termos "compreensão" (insight) versus "rigor" e ambos desempenham um papel essencial nos problemas matemáticos autênticos. As implicações educacionais disto são óbvias. Devemos ter como objetivo o cultivo e o desenvolvimento de ambos os tipos de pensamento." (artigo citado; 181, tradução e grifos da autora).

Mais ainda, a ênfase da álgebra em detrimento da geometria traz à tona um problema de caráter essencialmente político. A questão sobre que qualidades e habilidades se pretende que os alunos desenvolvam, conduz à própria finalidade da educação: para que se educa e a quem isso interessa?

Se o trabalho, na álgebra, pode conduzir, de fato, à execução de operações mecanicamente, dado que as trans -

formações algébricas são determinadas unicamente por um sistema de leis formais que dizem o que é ou não autorizado (Not, 1981; 312) — enquanto o realizado na geometria pode conduzir à análise de fatos e de relações, estabelecendo ligações entre eles e deduzindo, a partir daí, novos fatos e novas relações — a pergunta que se apresenta é: a quem interessa um indivíduo acostumado a operar sem questionamento sobre regras pré-estabelecidas, a quem basta saber que se pode fazer isto e não aquilo, sem questionar o que faz? (Not, ob.cit.; 312). Certamente isso não interessa ao aluno, que se vê privado, assim, da oportunidade de desenvolver outros processos de pensamento.

É possível, desta forma, perceber que a questão de ensinar-se ou não geometria não está relacionada simplesmente a aspectos do desenvolvimento da matemática, razão apresentada por alguns matemáticos para não incluí-la no currículo e refutada por outros. Ela está, na verdade, intimamente ligada ao conceito de como se dá a própria construção do conhecimento matemático pelo aluno — e se se quer que isto aconteça⁵⁹.

A questão da geometria deve ser vista como um ato político e não somente pedagógico, pois está relacionada com a possibilidade de proporcionar, ou não, iguais oportunidades — e condições — de acesso a esse ramo do conhecimento.

A muitos pode parecer muito forte afirmar que a ampliação da escola secundária tenha sido o principal fa

tor responsável pela diminuição da importância do ensino da geometria nos diversos níveis — também nos cursos superiores esta cede lugar à álgebra e ao cálculo, principalmente em meados deste século (Not, 1981;305). Não se pretende aqui afirmar que esta foi uma posição adotada deliberada e conscientemente pelos professores de matemática, educadores em geral e pelos próprios matemáticos. Estes podem até argumentar, e com razão, que o próprio desenvolvimento da pesquisa e o aumento das aplicações da matemática em vários outros campos, principalmente a partir da 2a. Guerra Mundial, tenha concorrido para a introdução ou a enfatização de certos ramos da matemática nos cursos superiores e para a diminuição da importância conferida à geometria. É possível até que o desenvolvimento experimentado pela pesquisa matemática tenha entusiasmado de tal forma os matemáticos, que estes se viram tentados e levar os seus resultados aos vários níveis de ensino — sem se preocuparem se isto era ou não pedagogicamente conveniente⁶⁰.

Os motivos, porém, que determinam os rumos da pesquisa num ramo qualquer do conhecimento — e nisto se incluem tanto a matemática quanto a educação — podem ter (e geralmente têm) outros componentes além do preenchimento das necessidades advindas do próprio desenvolvimento desse conhecimento.

Como ressalta Carvalho (1989; 21/24), as instituições científicas — entre as quais se incluem as universidades — não dependem somente da "boa vontade", da "boa intenção" dos elementos que as integram; elas depen

dem básica e primordialmente das forças econômicas, sociais e políticas que as controlam e financiam. Desta forma, o direcionamento da pesquisa, a decisão sobre o que deverá ser privilegiado entre diferentes possibilidades, pode ser, embora indiretamente, controlado via financiamentos⁶¹.

Assim sendo, a relação entre a ampliação da escola secundária, a pouca ênfase à geometria e a preponderância da álgebra causa menos estranheza — principalmente, quando se considera que nas escolas ou cursos reservados aos segmentos mais privilegiados da sociedade, o ensino da geometria continua a ser ministrado, sob a forma tradicional ou utilizando-se novos métodos.

Do que foi aqui exposto, pode-se concluir que, como nas épocas anteriores, a geometria continua sendo privilegio da elite. A grande massa não tem acesso a ela não ser no que ela tem de prático, de útil, no que se refere diretamente às profissões — e até mesmo isso lhe é negado, à medida que se "ampliam" as oportunidades educacionais das classes inferiores da sociedade, e se reduz o caráter diretamente profissional da educação.

Como explicar, então, a ênfase dada ao ensino de geometria e às inúmeras pesquisas que vêm sendo realizadas visando aprimorá-lo e torná-lo acessível à maioria?

Uma resposta a essa questão talvez esteja no rápido crescimento que vem experimentando o ensino superior nestes últimos tempos, nos diversos países. Em consequên -

cia dele, a função da escola secundária está novamente mudando — é o que constata Trow (1977; 111), referindo-se especificamente aos EEUU. Até pouco tempo predominantemente terminal, a escola secundária vem se tornando cada vez mais preparatória — o que parece explicar o ressurgimento do ensino da geometria e as tentativas de ministrá-lo da melhor forma possível.

Resta agora examinar como evolui o ensino da geometria no Brasil, tendo em vista as particularidades de seu desenvolvimento sócio-político-econômico que determinou a organização do seu sistema educacional.

Notas:

- 1 - Parece terem sido os fenícios os primeiros a usar o dinheiro metálico. O certo é que este aparece, já cunhado sob a forma de moeda, a partir do século VII a.C.
- 2 - Como aponta Caraça (ob.cit.; 68), muito se tem escrito sobre Pitágoras, sua vida e sua atuação, embora pouco se saiba ao certo sobre ele. Assim, o nome Pitágoras será usado aqui para indicar o conjunto das idéias características da escola — ou seita — pitagórica.
- 3 - Estes paradoxos defendem o ponto de vista de que o movimento é impossível quer se assuma que as grandezas podem ser infinitamente divisíveis, quer as vejam formadas por um grande número de partículas atômicas. Maiores informações podem ser encontradas em Caraça e Eves.
- 4 - Segundo Marrou (1955;104), Platão proclama a grande virtude educativa da matemática (que, para os gregos significa geometria) afirmando que nenhum outro objeto de estudo se compara a ela para despertar o espírito, fazendo-o adquirir "facilidade, memória e vivacidade". Isto explica porque o filósofo mandou gravar na porta de sua Academia: "Que aqui não entre aquele que não souber geometria" (Eves,ob.cit.; 75).
- 5 - Para mais esclarecimentos, ver, por exemplo, Davis & Hersch (1985; 359/361) e Snapper (1984).

- 6 - Se alguma geometria foi desenvolvida nesta fase, limitou-se àquela relacionada à astronomia e à trigonometria — que, juntamente com a álgebra, foram os assuntos dominantes da época. Cláudio Ptolomeu, que viveu no século II d.C., e cujo tratado sobre astronomia influenciou o desenvolvimento deste ramo do conhecimento até a época de Kepler e Copérnico, foi responsável por uma das tentativas — frustradas — de demonstrar o 5º Postulado de Euclides (o das paralelas) a partir dos postulados restantes.
- 7 - Maiores referências podem ser encontradas em Eves (ob. cit.; 121/140).
- 8 - O século XII é considerado, na história da matemática, o século das traduções (Eves, ob.cit.; 190).
- 9 - Mais informações sobre a educação na Idade Média e as influências do desenvolvimento do comércio podem ser encontradas em Clauss, Arnould, A Idade Média, em Tratado das Ciências Pedagógicas, v.2. História da Pedagogia, 1977, Ed. Nacional/EDUSP.
- 10- Estas Universidades tornaram-se depois, como salienta Eves (ob.cit.; 193), fatores importantes no desenvolvimento da matemática, pois vários matemáticos estariam associados a uma ou várias delas.

- 11 - Algum progresso em relação ao conhecimento geométrico deve ter advindo do desenvolvimento da arquitetura e do estudo — embora com objetivos estéticos — da perspectiva (Bernal, ob.cit.; 336).
- 12 - É importante lembrar que, no Renascimento, o artista era, ao mesmo tempo, arquiteto e engenheiro, o que aumentava sobremaneira a necessidade de um conhecimento mais aprofundado de geometria.
- 13 - É importante frisar que Descartes não construiu uma nova geometria, mas elaborou a própria geometria euclidiana a partir de um novo enfoque. E isso constituiu-se num progresso, uma vez que demonstrou que a maneira pela qual as coisas (geométricas) se apresentam à mente humana não são independentes da ação desta. Uma discussão mais profunda do assunto encontra-se em Bacca, Introdução Filosófica aos Elementos de Euclides, 1944, Universidade Autônoma de México, pp. XXXIV/XXXVI.
- 14 - O termo matemático não tem aqui a conotação moderna. Na época em questão, o cientista se dedicava a estudos em diversos campos, embora pudesse ter se sobressaído em um deles. Mesmo a palavra "cientista" é de uso recente; foi empregada pela primeira vez, segundo Ziman (ob.cit.; 71) por W. Whewell em 1840.
- 15 - Essas Academias começam a surgir devido ao crescente interesse pelas ciências, as quais não encontram ambiente próprio para se desenvolverem dentro das Universidades.

- 16 - Para mais informações, consultar Braverman (ob.cit.; 117/122).
- 17 - A geometria diferencial, que é o estudo das propriedades das curvas e superfícies e suas generalizações por meio do cálculo, foi objeto de estudo, durante o correr do século XIX, de Cauchy, Gauss e Riemann, entre outros.
- 18 - Uma dessas tentativas, a de Cláudio Ptolomeu já foi citada anteriormente.
- 19 - Um deles é conhecido como o axioma de Playfair e afirma que "por um ponto fora de uma reta só se pode traçar uma reta paralela à reta dada".
- 20 - A expressão "não-euclidiana" foi introduzida por Gauss, o primeiro a compreender, talvez, a possibilidade da existência dessa nova geometria, embora não tivesse divulgado seu trabalho.
- 21 - A possibilidade de se construírem diferentes geometrias demonstrou que a mente humana não só é capaz, por sua ação, de criar uma nova forma de ver as coisas geométricas, como também de estabelecer novas conexões entre elas. Para maiores esclarecimentos, ver Bacca (ob. e pp.cit.).
- 22 - Na verdade esta escola foi iniciada, por volta de 1884, pelo matemático alemão Frege, mas sua difusão se deveu, principalmente, ao trabalho dos autores citados.

- 23 - A Lógica é concebida no contexto como as "leis fundamentais da razão" (Davis & Hersch, ob.cit.; 273).
- 24 - Para se ter uma idéia da influência do formalismo — e do papel desempenhado pelo grupo Bourbaki — basta dizer que o movimento conhecido por Matemática Moderna dele provém diretamente.
- 25 - O sistema de produção domiciliar, ou sistema doméstico, é aquele no qual a produção é realizada em casa, ou oficina, pelo artesão e seus ajudantes. Embora trabalhando sob contrato para um capitalista, ou um seu agente, de quem depende para a obtenção de matéria prima e para a comercialização dos bens produzidos, o artesão controla ainda os instrumentos de trabalho e o processo de produção. O próprio artesão pode se tornar eventualmente um subcontratador, contratando outros artesãos para auxiliá-lo na execução de suas tarefas ou de parte delas.
- 26 - O sistema de subcontratação continuou a ser utilizado, mesmo nas indústrias e era ainda encontrado na indústria metalúrgia dos EEUU até quase os fins do século XIX (Braverman, ob.cit.;63) e dele existem vestígios até hoje em muitos setores produtivos, como, por exemplo, na fabricação de roupas.
- 27 - Em apoio à tese de que o sistema fabril parece ter surgido devido a uma necessidade mais organizacional do que técnica (uso de máquinas), Decca (1982;25/26)

aponta que, na França, talvez por temor de concentrar massas humanas — lembranças da Revolução — o surgimento da fábrica foi retardado.

- 28 - Para maiores esclarecimentos, consultar Braverman (ob. cit.; 137/146) e Bernal (ob.cit.;1278/1300).
- 29 - Esta separação entre mão e cérebro é inerente, desde o início, ao modo de produção capitalista, mas somente no último século tornou-se possível institucionalizá-la. Para isso concorreram a escala de produção, os recursos que a rápida acumulação de capital proporcionou às empresas e o trabalho conceitual sobre métodos de organização do trabalho — onde se destaca a contribuição de Taylor (Braverman, oc.cit.;113).
- 30 - Na literatura da época encontram-se, como apontam Baran e Sweezy, muitas histórias sobre os "barões ladrões", os "mongóis", como eram também chamados, os quais, em sua ânsia de lucro, não hesitavam em recorrer a métodos pouco honestos, como fraudes, furtos, etc.
- 31 - Como aponta Catani (1984; 59), o monopólio não exclui a concorrência, mas modifica a sua forma. A concorrência não é mais de preços, como no século XIX. A procura é estimulada agora pelas campanhas publicitárias e pelas promoções de vendas.

- 32 - A palavra monopólio significava, originariamente, a exclusividade na venda (ou na compra) de um determinado produto. Posteriormente, ela veio a significar, em linguagem econômica, o poder de influir decisivamente no fornecimento e também no preço de um artigo (Catani, ob.cit.; 59).
- 33 - Prova disto é o surgimento de várias instituições para a difusão e o ensino da Ciência, como as academias fundadas pelos Dissidentes, na Inglaterra. Dissidente, ou não-conformistas, são considerados aqueles integrantes das diversas correntes da Igreja Reformada que não professam a religião oficial da Inglaterra - a anglicana.
- 34 - O emprego do conhecimento científico para a guerra não é coisa do presente, embora não tenha se dado na escala atual. A própria geometria descritiva, desenvolvida por Monge enquanto desenhista contratado pela escola militar de Mézières, foi, durante muito tempo, classificada como assunto altamente confidencial pelos militares franceses.
- 35 - Foi a França que primeiro assumiu a liderança na indústria química e suas aplicações, especialmente durante o período napoleônico, quando o bloqueio marítimo, imposto pela Inglaterra, cortou o fornecimento de produtos como a soda e o açúcar. A liderança passou depois para a Alemanha, a qual tendo iniciado sua corrida às colônias muito depois das outras nações euro-

péias, não teve acesso aos corantes naturais e precisou recorrer à química para o desenvolvimento dos corantes sintéticos. (Bernal, ob.cit.; 547/550 e Braverman, ob.cit.; 142).

- 36 - A educação científica alemã serve de exemplo (inspiração) para as reformas que irão se processar no setor educacional dos demais países industrializados, da mesma forma que os laboratórios de pesquisa industrial germânicos tornam-se modelos para a pesquisa industrial em toda parte.
- 37 - Como assinalam Davis & Hersch (1985; 124), chegando à Segunda Guerra Mundial vemos um número cada vez maior de matemáticos — e de cientistas — sendo empregados pelo exército, marinha ou aeronáutica, pelos laboratórios de pesquisas governamentais. Sua contribuição foi valiosa nos mais diversos campos: aerodinâmica, hidrodinâmica, balística, criptografia e espionagem, meteorologia, no desenvolvimento do radar, do sonar, dos computadores, etc.
- 38 - Pode-se alegar que o capitalismo não se desenvolveu do mesmo modo e nem ao mesmo tempo nos diferentes países. Há, porém, características comuns a todos, e é sobre estas que se empreenderá aqui a análise das relações entre esse desenvolvimento (capitalista) e a educação.

- 39 - Instituí-se, desta forma, o sistema de tempo parcial (half-time system), que perdurará até o final do século.
- 40 - Esta justificativa é, ainda hoje, muitas vezes invocada para explicar o insucesso escolar dos alunos, principalmente os da rede pública, sem que os educadores se dêem conta de que ela não leva em consideração as experiências anteriores do aluno e suas condições concretas de vida.
- 41 - Maiores informações sobre o resultado, na prática, da expansão da escola secundária nos EE.UU. e na Inglaterra são encontradas, respectivamente em Trow (107 / 109) e Baran & Sweezy (ob.cit.; 312) - EE.UU., e Gordon & Lawton (ob.cit.; 13/33) - Inglaterra.
- 42 - Nas antigas academias (escolas preparatórias da elite), os diretores e professores eram produtos das universidades tradicionais, nas quais, muitas vezes, também lecionavam. Não havia uma ruptura acentuada entre as academias e as universidades, pois em ambos se ensinavam, grosso modo, as mesmas disciplinas aos mesmos grupos de estudantes. Com a ampliação da educação secundária, o número de professores necessários para suprir as necessidades das escolas excedia em muito o produzido nos cursos universitários existentes, e, mais ainda, havia uma profunda diferença entre a formação proporcionada em tais cursos e a que se tornava necessária a esta nova escola secundária terminal - e seus novos currículos.

- 43 - É interessante observar que Dewey dissociou-se do movimento progressivo americano por acreditar que estavam distorcendo suas idéias (Gordon & Lawton, ob.cit.; 70).
- 44 - Nestas últimas décadas tornou-se consenso geral que os testes vocacionais e de inteligência não são "neutros" como se supunha, isto é, concluiu-se que eles retratam não as diferentes capacidades, dons e potencialidades naturais e hereditárias, mas as diferenças entre as condições sócio/econômicas dos estudantes.
- 45 - Silver (ob.cit.; 198/199) cita pesquisas realizadas na Inglaterra, na década passada, entre estudantes universitários e concluintes do curso secundário, cujos resultados demonstram claramente que considerações a respeito das possibilidades profissionais futuras são, para os jovens, o aspecto predominante de sua determinação em ingressar na universidade.
- 46 - Monge elaborou sua geometria descritiva enquanto professor da academia de Mézières (onde Carnot foi seu discípulo). Outros matemáticos famosos também lecionaram nessas academias, entre os quais Laplace e Legendre. O próprio Napoleão — que Bernal (ob.cit.; 546) considera como o único governante do século XIX a ter consciência da utilidade da ciência e da necessidade de uma educação científica — o que o estimulava a criar as condições necessárias para que tal educação sirva de suporte a seu regime e a seus exérci-

tos — estudou nas academias militares de Brienne e de Paris. Data daí, ao que parece, seu interesse pela matemática, que o leva a manter relações cordiais com os grandes matemáticos de sua época.

47 - Se a França foi o grande centro de desenvolvimento da matemática durante o período inicial do século XIX - a influência alemã só se fará sentir mais tarde - isto se deve, sem dúvida, à existência da Escola Politécnica, embora, posteriormente, a Escola Normal Superior lhe dê também importante contribuição.

48 - Não é somente a geometria que aí se desenvolve. O interesse pela matemática "pura", mas também pelas suas aplicações, concorrerá para a evolução da mecânica, da física-matemática, da teoria das probabilidades, etc.

49 - No decorrer do século XVIII, na Inglaterra, as ciências foram ensinadas, e com êxito, nas academias dissidentes.

50 - Ringer (1977; 537) aponta que, mesmo desgastadas pela idade e constante uso, a ênfase na cultura ou formação (Bildung) e a crença em que o estudo desinteressado produz efeito, não só no intelecto, mas na pessoa do estudante como um todo, ainda serviam como argumentos eficazes para a racionalização dos privilégios sociais na Alemanha de fins do século XIX.

- 51 - À época das corporações, os conhecimentos matemáticos (dentre os quais os geométricos) necessários à prática profissional eram fornecidos aos trabalhadores durante o período do aprendizado, e mesmo após o término deste. Como relata Braverman (ob.cit.; 120/122), até a fase inicial do século XIX, na Inglaterra, certas corporações e, mais tarde, associações operárias proporcionavam a seus membros oportunidades para a ampliação de seus conhecimentos — entre os quais o matemático — através de cursos, conferências e até promovendo publicações técnicas.
- 52 - Praticamente durante todo o século XIX o trabalhador ingressa na força de trabalho ainda na infância e a instrução, quando lhe é oferecida, é concomitante ao trabalho.
- 53 - Esta articulação só será estabelecida em inícios do século XX, quando serão também concedidos os mesmos direitos aos concluintes das diferentes seções da escola secundária (até então somente aos concluintes dos cursos do tipo clássico se permitia, por exemplo, acesso ao ensino superior). Ver Léon (p.363), Gordon & Lawton (p.23/24) e Ringer (p.539).
- 54 - Dentre os elementos que puderam, assim, prosseguir seus estudos, constam alguns que deram valiosa contribuição para o desenvolvimento da matemática. É o caso de Abel, por exemplo.

- 55 - Estas escolas ou classes especiais (modernas), nas quais o currículo não corresponde ao clássico, são, no entanto, postas de lado pelas famílias (Léon, ob. cit.; 362), pois não conferem aos que as frequentam os mesmos privilégios concedidos aos que seguem o currículo tradicional: acesso aos cursos superiores, a cargos na estrutura governamental.
- 56 - É, por exemplo, somente a partir de 1902-3 que, na Inglaterra, nos exames para as Universidades de Oxford e Cambridge, bem como na Comissão do Serviço Civil, se concorda em aceitar "qualquer prova de um teorema que pareça aos examinadores fazer parte de um tratamento sistemático do assunto, ao invés da prova euclidiana clássica". (Departamento de Educação e Ciência: Ensinando Matemática na Escola Secundária, citado em Gordon & Lawton, ob.cit.; 95).
- 57 - Kline (1976; 32) comenta que, por ocasião da entrada dos EE.UU. na guerra, cursos especiais de matemática precisaram ser oferecidos aos soldados para elevar-lhes a eficiência nesta disciplina, tão baixo era o nível do conhecimento apresentado.
- 58 - Kishimoto (1976; 246/249) cita os seguintes projetos de reforma do currículo de Matemáticas nos Estados Unidos:
- a) Escola Secundária: Madison Project (Syracuse University); School Mathematics Study Group (Stanford University), Comprehensive School Mathematics Pro

ject (Illinois University e Central Midwestern Regional Education Laboratory), Cambridge Conference on School Mathematics, University of Maryland Mathematics Project, The Boston College Mathematics Institute, The Greater Cleveland Mathematics Program, The Ball State Teachers College Project, The Secondary School Mathematics Curriculum Improvement Study (Teachers College, Columbia University).

- b) Escola Elementar: P. Suppes - Sets and Numbers - Books K-6 (Syracuse, N.Y. - L.W. Singer & Company, 1965); SMSG - Mathematics for The Elementary School (New Haven - Yale University Press, 1965); Minnemath, Coordinated Mathematics Science Series (Minneapolis - University of Minnesota, 1969); L. Rasmussen & R. Hightower - Mathematics Laboratory Materials (N.Y.: Xerox Educacional Division, 1964); B. Wirtz, M. Berberman, S.W. Sawyer - Mathematics Workshop for children (Chicago: Encyclopedia Britannica Press, 1964); AAAS, Science - A Process Approach (N.Y.: Xerox Corporation, 1967).

As publicações de um destes grupos, o SMSG (School Mathematics Study Group - Grupo de Estudos de Matemática Escolar) foram aqui traduzidos e influenciaram vários autores brasileiros de livros didáticos.

59 - Uma discussão muito interessante a este respeito encontra-se em Bkouche (1980).

60 - É notório, aliás, o desprezo que um razoável número de matemáticos nutre pelas chamadas disciplinas pedagógicas. É bastante comum entre eles a crença de que um bom conhecimento de matemática é condição suficiente para uma pessoa se tornar um bom professor de matemática. Felizmente parece que isto está mudando, principalmente entre aqueles que se preocupam com o ensino dessa disciplina.

61 - É preciso não esquecer a influência que pode ser exercida pelas agências encarregadas da publicação e difusão das idéias científicas ou pedagógicas.

IV — A REALIDADE BRASILEIRA

"Da Igualdade - como se me incomodasse dar a outros as mesmas oportunidades e direitos que tenho, como se para os meus próprios direitos não fosse indispensável que outros também os tivessem iguais".

(Walt Whitman)

1. O Brasil do século XX e o processo de industrialização

No início do século XX, quando as empresas capitalistas mundiais já se organizam como conglomerados monopolistas, o Brasil apresenta ainda um modelo de sociedade fundado sobre o que se tem descrito como agrário-exportador dependente (Ribeiro, 1988; 50). Ou seja, a economia brasileira está essencialmente organizada em função da produção agrícola — em especial do café e também do algodão, do açúcar e do cacau — e da comercialização e exportação desses produtos para o mercado europeu e norte-americano (e, portanto, deles dependente).

Embora já se desenvolva um processo de urbanização, causado pelo aumento demográfico e pela penetração da lavoura cafeeira (Ribeiro, 1988; 51), poucas são ainda as indústrias existentes, as quais foram instaladas na alta do câmbio ou devido a problemas externos, como a Primeira Guerra Mundial, que não permitem a importação de produtos

fabricados nos países industrializados. É, pois, descontínuo o processo de industrialização, pois, sempre que os entraves à importação cessam, esta é retomada e os bens aqui produzidos passam a sentir a concorrência dos importados (Fausto, 1985; 231).

Pode-se dizer, então, que o crescimento industrial no Brasil não se processa de uma maneira contínua e integrada mas caracteriza-se pela "espontaneidade", pois não resulta nem da ação de um empresariado organizado e coeso, nem da ação deliberada do Estado no sentido de apoiar a industrialização. Resulta, antes, da ação de grupos isolados que, aproveitando-se de condições conjunturais, vão fazendo surgir uma indústria voltada para a substituição de importações (Cohn, 1985; 295).

Mesmo sendo o setor agrário-exportador o politicamente dominante, observa-se, no período compreendido entre a Primeira Grande Guerra e a Revolução de 30, o fortalecimento do grupo urbano-industrial. Este alinha-se com os outros setores da classe dominante no que se refere à própria origem — muitos desses industriais haviam sido ou eram fazendeiros — e ao modo pelo qual conduzem as relações entre patrão e empregados; mas apresenta também, como salienta Ribeiro (1988; 87), certos aspectos particulares que desembocam em interesses econômicos diferentes dos do setor agrário, e, conseqüentemente, em conflito no tocante à orientação da política econômica.

Observa-se, no período, a emergência política do operariado, que passa a tornar públicos seus interesses e suas reivindicações e também o crescimento do setor médio da população. Este se sente prejudicado pela política vigente, passando a expressar suas reivindicações e a exigir seu atendimento.

As expectativas destes setores dirigem-se não somente ao aspecto econômico, mas também para a necessidade de uma maior participação de todos os segmentos da sociedade na vida política do país, já que o processo eleitoral, do modo que é conduzido, impede a oposição de chegar ao poder. Assim, durante a década de 20, uma série de revoltas são provocadas pelos militares — os "tenentes" — que lideram o movimento contestatório.

Quanto ao processo de industrialização — que se iniciara no Segundo Império e fora impulsionado às vésperas da República, pelo capital decorrente da abolição do comércio de escravos¹ — só conhecerá, porém um avanço contínuo a partir da crise de 1929 que, provocando o declínio da exportação de café, determina a inexistência de divisas para a importação de bens de consumo.

Mais ainda, a crise no setor agrícola, determinada pela crise econômica internacional, impõe ao setor industrial mais responsabilidade pela continuação da vida econômica, ou seja, a de

"... manter ocupada a parcela da população já integrada nele, e de absorver novos contingentes de mão-de-obra" (Cohn, ob.cit.;296).

Como assinala Cohn, estes fatores, aliados à própria diversificação das camadas médias da população urbana — parte das quais se integra na área industrial em funções administrativas, técnicas ou empresariais — reforçam, certamente, o impulso pelo desenvolvimento do parque industrial.

A sociedade brasileira toma consciência de seu subdesenvolvimento, de seu atraso em relação às sociedades desenvolvidas. Esse atraso tem como causas básicas : uma economia baseada fundamentalmente na agricultura de exportação e sua dependência da economia externa. Desse modo, a estimulação do setor industrial surge como condição necessária ao desenvolvimento que contribuiria para melhorar o padrão de vida da população como um todo (Ribeiro , ob.cit.; 192).

O descontentamento dos vários segmentos da sociedade brasileira quanto à situação política e econômica do país, a necessidade de se facilitar e garantir o desenvolvimento industrial visando a melhoria das condições de vida da população em geral e os efeitos da crise de 29 sobre as exportações brasileiras, formam o quadro que torna possíveis as alianças que culminam na Revolução de 30 e, posteriormente, na organização de um modelo político - econômico que favorece o setor industrial.

No período subsequente à crise de 29 e à Revolução, observa-se um aumento importante na produção industrial, que só não é maior porque não há recursos para a aquisição, no exterior, das máquinas necessárias para a sua ampliação².

Quanto aos operários, é importante frisar que após 1930 não mais predominam os de origem estrangeira, já que o fluxo imigratório foi sustado pelo governo Vargas. A maioria constitui-se agora de trabalhadores brasileiros, geralmente provenientes das zonas rurais. Trata-se de uma massa muito mais submissa do que a anteriormente existente. A partir deste período, principalmente a partir da política trabalhista adotada pelo Estado Novo e orientada no sentido de retirar qualquer autonomia à ação dessa classe social em emergência³, deixam de ocorrer os movimentos operários, como os das décadas anteriores⁴ (Cohn, 1985; 301).

A eclosão da Segunda Guerra Mundial impulsiona significativamente o avanço da industrialização, já que a produção das fábricas, nos países envolvidos no conflito, enquanto durar este, vai direcionar-se para o esforço de guerra, inviabilizando a importação de produtos industrializados pelo Brasil — e contribuindo até para a exportação de bens aqui manufaturados⁵. O setor industrial, produzindo agora para um mercado seguro, aventura-se a ingressar em áreas mais complexas que a dos bens de consumo final, de modo que as indústrias mecânica e metalúrgica expandem-se e passa-se a produzir produtos fundamentais e de certa envergadura, como, por exemplo, os tornos mecânicos.

No fim da guerra, o setor industrial é o mais dinâmico da economia brasileira, embora o agrário, com predominância da agricultura de exportação, continue exercendo a liderança econômica.

A década de 50 marca um momento de crise no processo de industrialização do Brasil: o crescimento industrial atinge um estágio de capacidade e diversificação que esgota os limites dentro dos quais se desenvolvera até então — e que se caracterizara pela substituição de produtos importados pelos aqui fabricados — e encaminha-se para a produção de bens mais complexos e mais caros, cuja popularização depende de um aumento da capacidade aquisititiva da população. Torna-se, pois, premente a ampliação do mercado interno, o que, entretanto, encontra dificuldades em se concretizar porque a própria modernização do setor industrial torna menos necessária a incorporação de novos contingentes de mão-de-obra ao setor (Cohn,1985;307).

Grandes transformações estão se processando na sociedade brasileira. Acelera-se ainda mais o processo de urbanização. Acentuam-se os movimentos migratórios internos, enquanto agravam-se os desequilíbrios regionais provocados pela concentração industrial na região centro-sul do país.

Este agravamento dos desníveis regionais, consequência do processo de industrialização em curso, propicia

"... o aprofundamento da ação do Estado na área econômica, com vistas a incrementar o processo de industrialização, através do esforço no sentido de coordenar as suas manifestações". (Cohn, 1985; 308).

A ação estatal toma impulso no segundo governo de Vargas (1951-54), quando o setor público passa a atuar no sistema econômico, introduzindo-se em áreas fundamentais para a continuidade do desenvolvimento industrial e incentivando o trabalho de economistas no sentido de estudar a economia brasileira em seu conjunto, visando traçar diretrizes para planejar seu desenvolvimento (Cohn, 1985; 309).

Assim, conforme salienta Ianni (1971;146), quando Juscelino assume o poder, o país já está razoavelmente preparado "para por em prática uma política econômica relativamente planificada". E quando se trata de definir em que sentido se dará o desenvolvimento econômico e quais serão seus pontos de apoio, a opção, como já fora feito por Vargas, é pela ênfase maior no desenvolvimento industrial (Cohn, 1985; 310 e Ianni, 1971; 181).

Se, porém, para Vargas, o conceito de industrialização está ligado à idéia de emancipação econômica nacional⁶, o mesmo não se dá com Juscelino: para ele industrialização e capital estrangeiro são conceitos conjuga-

dos. Sua política econômica é, pois, orientada para o desenvolvimento dependente (Ianni, 1971; 143).

No momento em que novas correlações de força estão se estabelecendo no âmbito de economia mundial e se dão os primeiros passos no sentido da formação das grandes empresas multinacionais, presencia-se, em escala cada vez maior, a entrada de investimentos estrangeiros no país, incentivada pelas condições favoráveis oferecidas pelo governo brasileiro.

O setor industrial, por intermédio das empresas multinacionais, adquire uma estrutura integrada à mundial, o que significa, como assinala Ianni (ob.cit.;168), que as decisões sobre a política de produção, comercialização, novos investimentos etc. são tomadas no exterior, ou em combinação com as das matrizes — as quais decidem também sobre inovações tecnológicas. Além disso, ao mesmo tempo que a industrialização crescente torna desnecessária a importação de uma grande quantidade de produtos de todos os tipos — que passam agora a ser aqui produzidos — criam-se exigências de importação de máquinas, implementos, acessórios, "know-how" e matérias primas para instalação de novos empreendimentos ou a continuidade de seu funcionamento.

Desta forma, ressalta Ianni,

"... a industrialização ocorrida no Brasil implicou na reformulação das relações de dependência. Nos termos em que ela ocorreu, e la ampliou e aprofundou a internacionalização da economia brasileira. Nestas condições, desenvolveu-se ainda mais o modo capitalista de produção no Brasil, como subsistema do sistema capitalista internacional"(Ianni,1971; 168/169).

A consequência, prossegue ele, é a intensificação da divisão social do trabalho e da diferenciação social interna da sociedade brasileira, o que significa o desenvolvimento de desigualdades, desequilíbrios e contradições de ordem econômica, social e política.

A partir do governo de Juscelino, a inflação começa a preocupar e para combatê-la é adotada uma política de confisco social. Somente uma pequena parcela de operários qualificados, empregados nas indústrias mais modernas. recentemente instaladas, consegue aumentos reais, enquanto que a maioria dos trabalhadores consegue, no máximo, repor o poder aquisitivo dos salários. A retração dos salários, aliada ao aumento da produtividade e à elevação dos preços da maioria dos produtos, intensifica o processo de acumulação capitalista no Brasil.

O crescimento industrial acelera ainda mais o

processo de urbanização: crescem as cidades, principalmente aquelas situadas em áreas industriais e para as quais se dirige o sempre crescente fluxo migratório, decorrente dos desníveis regionais, agravado pelo processo de industrialização.

O modelo de industrialização adotado gera um número cada vez maior de problemas que não conduzem a uma crise, no governo de Juscelino, porque, apesar de tudo, um notável desenvolvimento econômico está se produzindo e vários setores da sociedade brasileira, em todos os seus níveis, gozam de benefícios resultantes da expansão econômica.

Estes problemas manifestam-se, porém, mais claramente no período seguinte. No dizer de Ianni

"De fato, os desenvolvimentos da economia brasileira, em geral, haviam acentuado desigualdades, desequilíbrios e tensões. Em particular, a industrialização e a urbanização haviam produzido uma nova consciência dos pontos de estrangulamento não econômicos, diante dos quais se encontrava a sociedade brasileira. Tornava-se evidente a necessidade de reformas institucionais mais ou menos profundas, conforme o caso, a fim de que o sistema político-econômico pudesse recompor-se em novo nível, conforme as possibilidades aber -

tas pela intensa industrialização, o êxodo rural e a ampla urbanização" (1971;195).

Essa recomposição poderia ser feita, segundo Ianni (id.ibid,;192), se o governo optasse por uma das duas estratégias políticas: ou favorecer a expansão do capitalismo nacional ou acelerar a implantação de um capitalismo de tipo associado. Nem o governo de Jânio Quadros, nem o de Jango Goulart, porém, estavam em condições de resolver as contradições herdadas do governo Kubitschek.

A opção foi feita em 1964 pelo governo militar que assumiu o poder após o golpe de março:

"... o golpe militar levado a efeito com o objetivo declarado em palavras de acabar com a corrupção, com a inflação e com a subversão ... em verdade, isto é, analisando os atos dos governos militares que se seguem, representou a possibilidade de instalação, pela força, de um Estado que tinha como tarefa concreta a eliminação dos obstáculos à expansão do capitalismo internacional, agora em sua fase monopolista" (Ribeiro,1988 ; 159/160,grifos da autora).

Uma vez esboçado o quadro das transformações econômicas, políticas e sociais pelas quais passa o Bra-

sil neste seculo, é possível, agora, analisar dentro dele as mudanças que vão se operar com relação à educação no mesmo período.

2. A Educação no Brasil contemporâneo

Em inícios do século XX, se o ensino elementar é garantido à população dos países desenvolvidos e a escola secundária é aberta a um número cada vez maior de estudantes, a maioria esmagadora da população brasileira é ainda analfabeta: 69,63% da população (excluídos os menores de 5 anos) encontra-se nessa situação em 1900, conforme assinala Paiva (1985;85). E o acesso aos demais níveis de escolarização está reservado a uma minoria compreendida por elementos das "camadas médias" (destinados por exemplo, a ocupações no comércio, a funções subalternas no funcionalismo público e nos setores de prestação de serviços) e pelos filhos e parentes dos latifundiários, que se habilitam, graças à diplomação em escolas de nível superior, ao desempenho de funções burocráticas e políticas no governo.

Segundo Paiva, nas primeiras décadas republicanas, pouco se faz de concreto no tocante ao ensino elementar, embora o analfabetismo se constitua em um problema cada vez mais grave numa sociedade que vem, desde o século anterior, desenvolvendo-se em base urbano-comercial. Algum avanço se verifica tanto no ensino secundário e superior, como, e principalmente, nos ensinos pedagógico (normal) ,

técnico e profissional. Ainda prevalece a orientação centralizadora, herdada do Império, que subordina o ensino secundário e o superior, em todo o território nacional, à União, deixando aos Estados (as antigas províncias) a responsabilidade pelo elementar e pelo profissional⁷.

A prática, de acordo, aliás, com a política adotada na época, de entregar a solução dos problemas locais às oligarquias regionais acaba por acentuar as desigualdades entre as regiões do país e por impossibilitar, durante toda a Primeira República⁸, a elaboração de uma política nacional de educação e a criação de um sistema nacional de ensino.

A partir, porém, da 1ª Grande Guerra, as modificações que se processam nos setores econômico, social e político do país; o fortalecimento do grupo industrial-urbano; a ampliação dos setores médios e do operariado; o surgimento do nacionalismo como decorrência daquele conflito e a pressão pela recomposição do poder político, vão repercutir no campo educacional, iniciando-se, então, um período de intensos debates e reivindicações relativos à educação (Paiva, 1985;85).

A eclosão da guerra faz nascer, no Brasil, um movimento que visa combater a desnacionalização do país, num momento em que este é ameaçado, externamente, pelo conflito internacional. A pregação nacionalista volta-se principalmente para a necessidade de nacionalizar as escolas "estrangeiras"⁹ e está vinculada, desde logo, ao com-

bate ao analfabetismo e à difusão da escola primária, apresentada como um dos principais problemas nacionais. Ressurgem, assim, os ideais republicanos e democráticos, traduzidos educacionalmente na luta pela universalização do ensino elementar e pela ampliação das oportunidades educacionais para o povo.

O problema da democratização do ensino está ligado também à pressão pela recomposição do poder político, pretendida pelo grupo urbano-industrial, na medida que tal recomposição só é vista como possível pela ampliação das bases de representação eleitoral — e o direito ao voto é vedado ao analfabeto pela Constituição.

É este o momento caracterizado por Nagle (1977; 262) como o do "entusiasmo pela educação". Embora os grupos que viam possibilidade de ascensão ao poder através da educação percebam que isto não aconteceria tão simples e rapidamente como acreditavam e se engajem, então, em outros tipos de movimento¹⁰, o "entusiasmo" sobrevive, transformado em luta humanitária pela "redenção dos analfabetos".

A reforma do ensino elementar paulista de 1920, proposta por Sampaio Dória — a primeira importante da República — está ligada à fase inicial do "entusiasmo". Pretende-se implantar um ensino elementar de dois anos, como um meio de possibilitar sua extensão a toda a população escolar; ante a impossibilidade de estendê-lo a todos, em sua duração tradicional com a mesma dotação orçamentária.

Tal proposta tem, no entanto, de ser reformulada, sendo a duração do curso ampliada, devido às críticas e aos protestos que suscita. Argumenta-se contra ela, invocando-se os programas educacionais dos países mais desenvolvidos — o que demonstra, pelo menos, uma visão irrealista dos problemas brasileiros — e a perda da qualidade que ela acarretaria¹¹.

Inicia-se, assim, uma fase onde a preocupação é com a qualidade do ensino e não mais com sua extensão, e com os aspectos técnicos da educação. É quando surgem os "profissionais do ensino", que preocupar-se-ão com a remodelação dos sistemas estaduais de ensino, com a melhoria de sua qualidade, com sua administração, bem como com a difusão de técnicas e teorias psicológicas, com a publicação de obras didático-metodológicas e com os estudos da pedagogia como "ciência experimental" (Paiva, 1985;104).

Passa-se, assim, segundo Nagle (1977;264), do "entusiasmo pedagógico" ao "otimismo pedagógico" caracterizado "pela crença nas virtudes dos novos modelos" e verifica-se a ênfase dos aspectos puramente metodológicos da educação e a desvinculação desta em relação à vida social e política.

É com este espírito que se processam as reformas do ensino em vários Estados, todas elas marcadas pela tecnificação pedagógica e pela influência crescente das idéias da Escola Nova.

Enquanto verificam-se algumas mudanças no quadro da educação elementar — e, conseqüentemente, também na dos professores que nelas atuarão — e procura-se, ainda que timidamente, expandi-la e organizá-la, o mesmo não o corre, no entanto, nos outros graus e tipos de cursos.

As poucas escolas técnico-profissionais existentes — destinadas ao "povo" — são mantidas predominantemente pela iniciativa privada, conservando ainda seu caráter assistencial. Durante o período inicial do século XX, somente se elabora alguma legislação regulamentando seu funcionamento.

Quanto ao ensino de "elite", o curso secundário, apesar dos esforços legais no sentido de transformá-lo num ensino formativo, voltado à educação da adolescência, continua sendo um ensino de tipo literário — mesmo no campo das ciências — e devotado exclusivamente à preparação para os cursos superiores¹². Estes são orientados para as carreiras profissionais tradicionais: direito, medicina, mineração, engenharia, farmácia e odontologia. Universidade significa apenas uma reunião de escolas, com uma frágil estrutura burocrática.

Observa-se um esforço — interrompido apenas durante a vigência da reforma Rivadária Correia (1911) e intensificado, depois, na de Carlos Maximiliano (1925) — no sentido de fortalecer a centralização, o controle sobre a escola secundária e a superior, não só pelo controle dos exames de admissão às faculdades, como também pelos meca -

nismos de fiscalização e equiparação criados pelo governo federal.

No início da década de 30, não existem cursos para a formação do magistério secundário — que só se tornarão realidade com a criação da Universidade de São Paulo e a do Distrito Federal, em 34 e 35 respectivamente — e os critérios para a seleção de professores para esse nível de ensino nas escolas oficiais, embora existam (provas escritas e orais, defesa de tese, etc.), não são eficientes.

Logo após a vitória do movimento revolucionário de 30, desintegram-se os tênues laços que uniam as diversas facções que o formavam e o governo parece hesitar em tomar as decisões necessárias à sua reorganização. Como acentua Ribeiro (1988;95), parece não existir inicialmente um plano global de governo com as decisões governamentais sendo ditadas pelas circunstâncias.

É pelo menos o que pensam os educadores engajados nas reformas educacionais da década anterior.

É verdade que o governo tomara, já a partir de 1930, várias medidas relativas à educação. A primeira consistiu na criação, ainda em 1930, do Ministério da Educação e Saúde e na indicação de Francisco Campos para chefiá-lo. No início do ano seguinte, decreto do Ministro dispõe sobre a organização do ensino superior, para o qual se adota o regime universitário. Logo em seguida, é a vez do ensino secundário ser reorganizado e, alguns meses depois,

o mesmo se dá com o ensino comercial de nível médio e superior.

Medidas como a criação do Ministério e a organização do ensino secundário eram reivindicações antigas dos educadores brasileiros e, como aponta Romanelli (1986;131), não só atingiram profundamente a estrutura do ensino, como, principalmente, foram, pela primeira vez, impostas em nível nacional.

No entanto, contrapõe Lemme (1984:263) que, embora importantes, tais medidas podiam ser consideradas como fragmentárias e demonstravam que o governo federal continuava alheio aos problemas do ensino popular. Impunha-se, pois, pressionar o governo federal a fim de levá-lo a adotar uma política mais firme e abrangente em relação aos problemas educacionais, a definir uma "verdadeira política para esse setor". Com essa finalidade é realizada, em dezembro de 1931, a IV Conferência Nacional de Educação, cujo tema geral é: "As Grandes Diretrizes da Educação Nacional". O chefe do governo provisório, Getúlio Vargas, no discurso de instalação dos trabalhos, convoca os educadores presentes a definirem "o sentido pedagógico" da Revolução, comprometendo-se a adotar as diretrizes resultantes do encontro.

Nasce daí a idéia da elaboração de um documento que expresse as aspirações dos educadores e fixe as diretrizes norteadoras da política educacional brasileira em "todos seus aspectos, modalidades e níveis" (Lemme, id. ibid.).

Surge, assim, o Manifesto dos Pioneiros da Educação Nova. Divulgado em 1932, proclama a necessidade da adoção de um "plano unitário de ensino, uma solução global para os problemas educativos, no qual as reformas educativas fossem vinculadas às reformas econômicas" (Paiva, 1985; 123), defendendo, ao mesmo tempo, o princípio da descentralização administrativa na organização dos serviços e dos sistemas de educação e ensino. Prega o direito de todos à educação e o dever do Estado em proporcioná-la por meio de uma escola única, obrigatória até um certo nível e limite de idade, gratuita, leiga e oferecida em pé de igualdade a ambos os sexos. Afirma a necessidade da constituição de um sistema unificado de ensino, capaz de garantir sua democratização permitindo aos educandos sua ascensão a níveis superiores de acordo com sua capacidade, aptidões e aspirações e não de acordo com a situação econômica. Assinala, também, a necessidade de formação dos professores de todos os graus de ensino em cursos superiores.

O Manifesto de 32 influencia a Assembléia Constituinte e, conseqüentemente, a Constituição de 34, que vem a fixar as bases de uma política nacional de educação: por estabelecer a competência da União no tocante ao auxílio prestado aos Estados na difusão do ensino; por intensificar o processo de democratização do ensino, ao reconhecer a educação como "um direito de todos", instituindo um ensino primário "integral e gratuito e de freqüência obrigatória, extensivo aos adultos" e um ensino ulterior a este, tendencialmente gratuito; por fixar percentuais mínimos de

verbas a serem aplicadas na educação pelos governos federal, estadual e municipal e determinar a criação de fundos especiais para o financiamento de obras educativas.

A ação, no entanto, primeiro do governo provisório e, depois, do governo constitucional que o segue — chefiado ainda por Getúlio, após as eleições de 1933 — fica mais no âmbito da retórica e no da enunciação de algumas medidas legais que visem a organizar o ensino, do que na adoção de medidas concretas que possibilitem a resolução do problema educacional brasileiro, principalmente no que diz respeito ao ensino elementar.

Se há um aumento quantitativo das redes de ensino, principalmente do elementar — tanto sob o aspecto da ampliação do número de unidades escolares, quanto no crescimento das matrículas e no do aumento do número dos professores — e se são tomadas algumas providências no sentido de melhorar sua qualidade, isto se deve fundamentalmente aos esforços dos governos estaduais, em especial naqueles Estados onde as novas forças produtivas em desenvolvimento exercem maior pressão¹³.

As medidas tomadas não são, contudo, suficientes para possibilitar uma transformação na organização escolar, pois, como assinala Ribeiro (1988:107/108), não contribuem para produzir um nível realmente significativo de melhoria, nem no trabalho escolar (o número de reprovação, em números absolutos, é crescente), nem na administração

escolar (as unidades escolares, em sua grande maioria, funcionam como escolas isoladas). E, o que é ainda mais grave, a organização escolar brasileira continua sendo altamente seletiva, não se alterando também a tendência à dualidade do ensino pós-elementar caracterizada pela existência de escolas destinadas ao "povo" (as profissionais) e escolas para a "elite" (as secundárias), inseridas dentro de "sistemas rígidos e fechados, sem qualquer abertura de possibilidade de transferência de um para outro" (Romanelli, 1986; 142).

Esta estrutura seletiva e dualista do ensino brasileiro não se modifica — antes se acentua — após o golpe de 1937, que instala o Estado Novo. Isto fica patente já na Constituição (outorgada) de 37, que deixa de proclamar o dever do Estado em relação à educação, conferindo à ação estatal um caráter meramente supletivo. Assim é que o artigo 129 especifica:

"À infância e à juventude, a que faltarem os recursos necessários à educação em instituições particulares, é dever da Nação, dos Estados e dos Municípios, assegurar, pela fundação de instituições públicas de ensino em todos os graus, a possibilidade de receber uma educação adequada às suas faculdades, aptidões e tendências vocacionais" (citado em Romanelli, 1986; 153, grifos da autora).

Nesse mesmo artigo é ainda enfatizado o dever básico do Estado para com o ensino pré-vocacional e profissional destinado às classes menos favorecidas, o que deixa bem clara a orientação — talvez mais "realista", assinala Lemme(art. cit.; 268) — de proporcionar formação aos jovens de acordo com sua posição social.

O ensino profissional é de tal forma priorizado que é ele o primeiro objeto das reformas empreendidas, a partir de 1943, pelo então Ministro da Educação, Gustavo Capanema. E, principalmente no que tange ao ensino industrial, as razões para esta priorização são de ordem tanto política quanto econômica.

A qualificação do trabalhador urbano é usada como uma estratégia destinada a evitar "o descontentamento social" e faz parte da ação do governo no sentido de resolver a "questão social"¹⁴, ou seja, o problema das agitações sociais nas cidades. Essa qualificação torna-se necessária também do ponto de vista do desenvolvimento industrial, uma vez que as leis de imigração promulgadas na década de 30 e, posteriormente, a eclosão da 2a. Guerra Mundial, impossibilitam o fluxo de pessoal técnico especializado — principalmente europeu — para suprir as necessidades das indústrias brasileiras¹⁵.

O ensino profissional, oficializado como aquele destinado às camadas inferiores da sociedade, embora conheça uma expansão significativa a partir daí, é, no entanto, procurado apenas por aqueles elementos que necessitam preparar-se rapidamente para o trabalho.

Aquelas camadas que vêm na educação um instrumento para a ascensão (ou aumento de prestígio) social, passam a procurar com mais insistência o ensino secundário, que será aquele que mais se expandirá.

O secundário é o próximo ramo do ensino a ser reformado (ainda em 42). A reestruturação que lhe é imposta mantém, todavia, inalterada a seletividade que o permeia tradicionalmente e não atenua, antes reforça, seu caráter acadêmico, propedêutico e humanista¹⁶ — e isso justamente quando o processo de industrialização está sendo impulsionado com a implantação da Companhia Siderúrgica Nacional. No entanto, cresce a demanda do secundário, pois ele continua sendo o ramo nobre do ensino, aquele destinado à formação das "individualidades condutoras" e o único que possibilita o acesso a qualquer dos segmentos do ensino superior — os cursos profissionais só permitem o ingresso aos cursos superiores nos ramos profissionais correspondentes. Tal fato determina sua expansão em escala crescente e em taxa percentual mais elevada que a dos demais níveis de ensino¹⁷.

O ensino elementar, por sua vez, apresenta um certo crescimento durante o Estado Novo, mas ainda graças ao empenho dos governos estaduais que, embora não uniformemente, destinam maiores parcelas do orçamento à sua ampliação. Medidas mais efetivas por parte do governo federal no sentido de favorecer o crescimento significativo dos sistemas estaduais só são tomadas no momento em que ele próprio anuncia a redemocratização¹⁸. Estas medidas consis-

tem basicamente em criar recursos para a ampliação e melhoria do sistema escolar elementar e em fixar diretrizes para sua organização em nível nacional.

Quanto à questão dos recursos, é criado o Fundo Nacional do Ensino Primário (1942), com recursos provenientes de impostos federais criados para esse fim e é assinado um convênio (1943) de cooperação financeira entre a União e os Estados, fixando percentuais das rendas estaduais a serem aplicados na educação primária (Paiva, 1985; 139/140).

As diretrizes para a estruturação do ensino primário são estabelecidas pela Lei Orgânica que é promulgada, juntamente com a que organiza o ensino normal, em 1946, quando Vargas já havia sido deposto. Essas leis têm, porém, pouco impacto, pois tradicionalmente são os Estados que se ocupam desses ramos do ensino.

A Constituição de 46 reafirma, em muitos pontos, os princípios relativos à educação enunciados na de 37, embora ofereça gratuidade apenas ao ensino primário, e, nos posteriores a este, apenas àqueles "que provarem falta ou insuficiência de recursos". Torna obrigatório ao poder público (União, Estados e Municípios) destinar uma parte de seus recursos para a manutenção e o desenvolvimento do ensino e estabelece, também, a competência da União para legislar sobre as diretrizes e bases da educação.

Uma comissão é constituída, nesse mesmo ano, para a elaboração de um projeto de lei visando a reforma geral da educação. Tal projeto é encaminhado, em 1948, à Câmara Federal, transformando-se em lei, porém, somente em fins de 1961, após treze anos de debates e polêmicas.

A Lei 4024/61 — a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional — representa um avanço quanto à democratização do ensino em pelo menos um aspecto: consagra a equivalência de estudos entre os diferentes ramos do ensino secundário. A partir de sua promulgação fica assegurado aos concluintes do curso secundário o direito a prestarem exames vestibulares a qualquer curso superior e não somente àqueles relacionados ao ramo cursado.

O aumento dos recursos destinados à educação — embora nunca se tenham aplicado os percentuais estabelecidos pela legislação — proporciona, evidentemente, uma ampliação da rede escolar, do pessoal docente e da matrícula em todos os ramos e níveis de ensino. Não é suficiente, no entanto, para eliminar os graves problemas com que se defronta a educação brasileira. Não se consegue, por exemplo, universalizar o ensino primário e eliminar a evasão escolar. E o analfabetismo torna-se um problema tanto mais grave quanto se acentua a tendência à concentração da população nas zonas urbanas, onde o domínio, pelo menos das técnicas de leitura, escrita e cálculo, se torna uma exigência. Além disso, à medida que a rede escolar se amplia, agrava-se o problema do preenchimento dos car-

gos criados por essa expansão. Dada a insuficiência de pessoal qualificado para atuar nos ensinos primário e médio¹⁹, um número significativo de professores leigos exerce o magistério nesses níveis.

De qualquer modo o nível de escolaridade da população brasileira, principalmente a urbana, cresce sensivelmente, segundo Cunha (1980:263), desde o final do Estado Novo em 1945.

O próprio desenvolvimento industrial exerce pressão nesse sentido. A implantação da indústria de base, que se processa mais rapidamente sobretudo a partir do governo Kubitschek, possibilita, como indica Romanello (1986 ; 205), a criação de um número enorme de empregos dos mais diversos tipos e para os quais se exigem os mais variados níveis de habilitação. Essas novas ocupações não são geradas somente dentro das empresas. O próprio setor estatal, bem como suas empresas, criam novos órgãos de planejamento e administração. Mais empregos ainda surgem da necessidade de implantação de infra-estrutura de transportes, comunicação e energia.

Isto favorece os interesses da classe média, na medida que lhe assegura um novo modelo de ascensão social.

"Anteriormente, esta (a classe média) passava pela constituição de capital através de poupança, investimento em pequenas empresas, reprodução de capital, nova poupança etc. O alvo da ascensão social para as

camadas médias era a abertura de um pequeno negócio ou o exercício de uma atividade profissional por conta própria. A partir, no entanto, desse processo de concentração de capital, renda e mercado (que tem início com a instalação dessas grandes empresas), os canais "tradicionais" de ascensão tornam-se cada vez mais estreitos. Em função disso, as alternativas de ascensão das camadas médias transferem-se para as hierarquias ocupacionais, que se ampliam e multiplicam tanto no setor privado quanto no setor público da economia" (Luiz Antonio Cunha, citado em Romanelli, 1986;205).

Em conseqüência, cresce a demanda pelo ensino, sobretudo pelo superior. E este não se expande o suficiente para absorvê-la. A situação se agrava, principalmente no período de 64 a 68. Se alunos e professores mostram-se insatisfeitos com as más condições de trabalho nos cursos superiores, o problema maior, no entanto, é o representado pelo aumento do número de excedente das escolas superiores (ou seja, candidatos aprovados nos vestibulares, porém impossibilitados de se matricularem por falta de vagas). Os estudantes, em todo o país, contestam o sistema educacional.

A crise serve de justificativa para a intervenção do Estado. Esse, a partir de 68, através de uma série de atos oficiais, vai estabelecer uma política educacional con

dizente com o novo modelo econômico pelo qual optara com o golpe de 64²⁰.

A Reforma Universitária introduz modificações na estrutura interna das universidades visando produzir a ex pan são necessária com um mínimo de recursos. As principais medidas adotadas são: a departamentalização, a matrícula por disciplina, a instituição do curso básico e a instituci onal iza ção da pós-graduação, além da unificação do vesti bular (que passa a ser classificatório) e a instituição das licenciaturas curtas. E como as mudanças são introduzidas durante a vigência do Decreto Lei 477/69, tornam-se impossíveis as manifestações de descontentamento ou disco rd ância em relação às medidas adotadas.

Desta forma o Estado consegue o controle sobre a expansão e a orientação da escolha da demanda através do planejamento da distribuição de vagas. Ao mesmo tempo, per mite a criação de inúmeros cursos superiores particulares, medida esta justificada como sendo a única forma viá vel de produzir o desejado aumento de vagas no ensino superior.

Proliferam, então, os cursos destinados à formação de professores para o ensino secundário, necessários para suprir o mercado criado, a partir de 68, pela ampli ção de redes estaduais de ensino²¹. E se os cursos de li cenciatura das universidades públicas pecam, na opinião de muitos, pela falta de "unidade", imposta pela departamentalização, entre os cursos de conteúdo e de matérias peda gógicas, um outro tipo de objeção pode ser levantado em

relação àqueles oferecidos pelas outras instituições. E que são organizados, em sua maioria, como "licenciaturas curtas" em determinada área de estudos, seguidos de especialização em uma das disciplinas dessa área, organização esta que não garante, de modo geral, o domínio do conteúdo nem sequer daquela disciplina sobre a qual incide a especialização — surge, então a necessidade dos cursos de treinamento e reciclagem para complementar a formação dos professores.

A reformulação da educação primária e média é feita em 1971. A Lei 5692/71 introduz mudanças profundas nesses níveis de ensino. Por um lado, institui uma escola de 1º grau de 8 anos, na qual se fundem os antigos cursos primário e ginásial, eliminando, pelo menos legalmente, a tradicional barreira entre esses graus de ensino; por outro lado, cria uma escola de 2º grau, cujo objetivo é a profissionalização, a "qualificação para o trabalho"²².

Esta reformulação é também uma resposta às necessidades do novo modelo econômico adotado e, no caso do 2º grau, tem ainda o objetivo de desviar, pela formação profissional neste grau de ensino, parte da demanda de ensino superior.

A implantação da "Lei de Diretrizes e Bases do Ensino de 1º grau e 2º grau" acaba mantendo o tradicional dualismo da escola brasileira (escola para a elite x escola para o povo) colocando-o, agora, em termos de escola particular x escola pública, conservando a diferenciação em -

tre o ensino oferecido aos estratos superiores da sociedade (na primeira) e aquele proporcionado à população em geral (na segunda).

Em termos de 2º grau, nas escolas oficiais este é geralmente oferecido no período noturno e não cumpre nem sua antiga função de preparar para os cursos superiores, nem sua função profissionalizante dado que não existem recursos humanos e nem materiais que deem conta desta tarefa. Enquanto isso, as escolas particulares, interpretando a legislação conforme sua conveniência, continuam a oferecer um ensino basicamente propedêutico.

Quanto ao 1º grau, o enorme crescimento da demanda provoca, nas escolas oficiais, a superlotação das salas de aula e a multiplicação dos períodos (e a consequente diminuição de sua duração), o que influi, sem dúvida, na qualidade do ensino oferecido.

Nas escolas oficiais, além do mais, o professor se defronta com uma população bastante diferente daquela com a qual estava acostumado e com a qual não sabe lidar — e não conta, como seu colega da escola particular, com nenhum tipo de apoio pedagógico.

Verifica-se, pois, que em fins da década de 80, o Brasil não conseguiu ainda tornar universal a escola elementar (nem mesmo considerando apenas as quatro séries iniciais do 1º grau), a oferta do ensino secundário am -

pliou-se enormemente, mas conservou seu aspecto dual (nos novos termos explicitados anteriormente), e o ensino superior, expandido também acentuadamente, principalmente o mantido por instituições particulares, apresenta uma outra face desse dualismo. As universidades públicas, aquelas que teoricamente deveriam estar abertas aos alunos desprovidos de recursos, continuam freqüentada geralmente pelos estudantes provenientes das camadas superiores²³, preparados nas escolas secundárias particulares, enquanto aqueles sã tem acesso aos cursos mantidos pela iniciativa privada, que oferecem um maior número de vagas e que, principalmente, estabelecem critérios mais flexíveis de ingresso.

3. O ensino de matemática no Brasil: a geometria

Uma vez esboçadas as principais transformações ocorridas na educação brasileira durante o transcorrer deste século e suas relações com o processo de industrialização desenvolvido no Brasil, no mesmo período, resta saber como isso se reflete no ensino de matemática proporcionado nas escolas brasileiras, em especial no que se refere à geometria.

No Brasil do início do século XX, aquela diminuta parcela da população que tem acesso ao ensino superior dirige-se ainda, preferencialmente, para os cursos jurídicos, buscando o título que lhe abre caminho aos cargos importantes do governo. Pouco interesse existe pelos estudos científicos, a não ser aqueles que, como o de medicina, conduzem ao exercício de uma profissão liberal. A

influência positivista, como aponta Azevedo (1976;131), não trouxe qualquer contribuição importante para o progresso das ciências no Brasil a não ser no campo da matemática, para o desenvolvimento de cujo estudo concorrera, tanto na Escola Militar, quanto na Escola Politécnica do Rio de Janeiro²⁴.

Se a matemática e, de certa forma, seu ensino se desenvolvem dentro do ambiente restrito dessas instituições, o que ocorre, porém, nos demais níveis de escolarização?

Na escola primária, aberta a uma parcela maior, embora ainda pequena da população, o ensino de matemática é de cunho essencialmente pragmático: busca-se o domínio das técnicas operatórias necessárias à vida prática e às atividades comerciais. Algumas noções de geometria também são trabalhadas, sob a mesma orientação utilitária.

Quanto ao ensino secundário, à exceção do Colégio Pedro II e de alguns estabelecimentos mantidos pelos governos estaduais, onde esse ensino é ministrado gratuitamente aos alunos que se habilitam a preencher as poucas vagas oferecidas mediante um rigoroso processo de seleção, as instituições que se encarregam deste ensino são todas estabelecimentos particulares — e, portanto, pagos. É, pois, um ensino destinado às elites e cuja única função é a de preparação para os cursos superiores. Durante as décadas iniciais deste século, a duração do curso varia em torno de 6 anos e a programação oficial é a do Colégio Pedro II²⁵.

Os conteúdos de matemática (aritmética, álgebra, geometria etc.) são ensinados como disciplinas separadas e ministradas por professores diferentes, recebendo um tratamento puramente abstrato, sem qualquer preocupação com as aplicações práticas²⁶.

Os próprios livros²⁷ utilizados nesta época são compêndios de aritmética, geometria, álgebra, etc., nos quais cada um desses assuntos é desenvolvido como um todo, progressiva e sistematicamente, sem qualquer tentativa de distribuí-los pelas séries — já que habitualmente cada assunto é tratado por extenso numa determinada série — ou de estabelecer qualquer relação entre os diferentes assuntos. Cada livro é acompanhado por um "livro do mestre", com numerosos problemas e exercícios resolvidos.

A edição desses livros "do mestre" é, provavelmente, uma forma de possibilitar a ampliação dos conhecimentos dos professores secundários²⁸, já que, nessa época, não existem ainda instituições destinadas à formação desses profissionais²⁹. Assim como os docentes das demais disciplinas escolares, os professores secundários de matemática são, no dizer de Azevedo (1976;135), "quase todos autodidatas ou recrutados, como no Império, nos quadros das profissões liberais"; alguns poucos são engenheiros civis³⁰ (formados pela Escola Politécnica do Rio ou a de São Paulo, ou pelo Mackenzie College, também em São Paulo) ou militares.

As primeiras instituições superiores destinadas à formação do professor dos cursos secundários começam a funcionar, no entanto, somente após a Revolução de 30. Em 1934 e 1935 são criadas, respectivamente, as Universidades de São Paulo e do Rio de Janeiro (transformada esta, mais tarde, em Universidade do Brasil), estruturadas aproximadamente segundo o modelo estabelecido no Estatuto das Universidades Brasileiras (reforma Francisco Campos). Com elas se instalam as primeiras Faculdades de Filosofia, Ciências e Letras, nas quais se promove a formação do magistério secundário. Desta forma, em 1934 passa a funcionar, em São Paulo, o curso de matemática da recém instalada Universidade e para o qual são contratados como docentes os professores italianos Luigi Fantappiè e Giacomo Albanese.

A reforma Francisco Campos, além de estabelecer, pela primeira vez, normas gerais para a estruturação das Universidades Brasileiras, ocupa-se também da organização do currículo dos estudos econômicos e, principalmente, em organizar o ensino secundário³¹, procurando não só dar-lhe uma estrutura "sólida e flexível a um tempo" (Azevedo, 1976; 137), como também transformá-lo em um curso predominantemente educativo. Para tanto, o curso secundário é dividido em dois ciclos: o primeiro, de 5 anos de duração (curso fundamental), tem por objetivo a "formação do homem para todos os grandes setores da atividade nacional construindo no seu espírito todo um sistema de hábitos, atitudes e comportamentos que o habilitem a viver por si mesmo e a tomar, em qualquer situação, as decisões mais convenientes e seguras"³²; o segundo, de 2 anos de duração (curso complemen-

tar), visa a adaptação às futuras especializações profissionais. E, o que é importante, elimina a possibilidade de exames perante as bancas oficiais: o estudante que pretende se candidatar aos exames vestibulares dos cursos superiores, deve cursar, com frequência obrigatória, um colégio de ensino secundário³³ (Bittencourt, 1956; 61).

Portaria posterior ao Decreto 19890 de 18/4/31³⁴ estabelece os programas relativos às diferentes disciplinas e oferece "instruções pedagógicas". No que se refere à matemática, determina que esta

"... será sempre considerada como um conjunto harmônico cujas partes estão em viva e íntima correlação. A acentuação clara dos três pontos de vista -- aritmético, algébrico e geométrico -- não deve, por isso, estabelecer barreiras intransponíveis que impeçam o estudante de perceber as conexões entre aquelas disciplinas" (in Bicudo, 1942;156/163; grifos da autora)

É justamente na tentativa de estabelecer a unidade entre os vários ramos da matemática que o ensino dessa disciplina passa a ser entregue a um só professor³⁵, que deve se encarregar, em cada série, de desenvolver o ensino dos vários assuntos, sempre que possível integradamente.

Percebe-se claramente no texto das "instruções pe

dagógicas" a influência da Escola Nova:

"A exposição da matéria e a orientação metodológica, entretanto, devem subordinar-se, sobretudo nas séries inferiores, às exigências da pedagogia, de preferência aos princípios puramente lógicos. Ter-se-á sempre em vista, em cada fase do ensino, o grau de desenvolvimento mental do aluno e os interesses para os quais tem maior inclinação.

O ensino se fará, assim, pela solicitação constante da atividade do aluno (método heurístico), de quem se procurará fazer um descobridor e não um receptor passivo de conhecimentos. Daí a necessidade de se renunciar completamente à prática de memorização sem raciocínio, ao enunciado abusivo de definições e regras e ao estudo sistemático das demonstrações já feitas"(id.ibid.).

Quanto ao que se refere especificamente ao ensino de geometria, recomenda-se que este comece por

"... um curso propedêutico de geometria intuitiva e experimental, em que se procurará familiarizar o aluno com as idéias fundamentais relativas às figuras geométricas, no plano e no espaço, sob o ponto de vista da forma, da extensão e da posição. Esse estudo inicial subordina-se aos seguintes objetivos: a) exercitar a percepção e a imagina -

ção espaciais; b) desenvolver a faculdade de abstração; c) despertar o interesse pela estimativa e a medição, bem como pelo uso da régua, do compasso, dos esquadros, do transferidor, e pela construção de modelos.

O plano de estudo obedecerá o propósito de fazer com que o aluno, ainda antes de terminada a parte propedêutica, comece a tirar ilações exatas das relações descobertas e, assim, estabelecer a base do estudo lógico dedutivo posterior, sentindo, ao mesmo tempo, por si mesmo, a necessidade da demonstração rigorosa" (id. ibid.).

Mais adiante, recomenda-se que, ao iniciar o estudo dedutivo da geometria

"... o primeiro cuidado será o de fazer sentir ao aluno o que significa uma demonstração, utilizando-se, como ponto de partida, os próprios fatos inferidos intuitivamente no curso preparatório. É ainda a partir das observações intuitivas que se deve estabelecer o conjunto dos axiomas fundamentais indispensáveis à exposição lógica da Geometria" (id. ibid.).

Propõe-se, desta forma, um caminho para o trabalho com a geometria que, iniciando-se com as explorações intuitivas, procure, porém, progressivamente, construir uma sistematização:

"Partindo da intuição viva e concreta, a feição lógica crescerá, pouco a pouco, até atingir, gradualmente, a exposição formal" (id.ibid.).

Nas duas séries iniciais propõe-se, então a "iniciação geométrica", começando, na 3a., a sistematização e o estudo dedutivo.

É difícil precisar o quanto tais instruções repercutem em sala de aula e se há, realmente, uma preocupação do professor de matemática em trabalhar os temas integradamente, procurando fazer essa passagem do estudo intuitivo ao sistemático na geometria. O que não se pode deixar de notar é que as primeiras turmas dos cursos de matemática das Faculdades de Filosofia criados no período posterior ao Decreto 19 890 sō se formam em 1936 (S.Paulo) e 1937 (Rio). O número de formados, mesmo em S.Paulo, onde várias outras Faculdades de Filosofia são criadas nos anos subseqüentes³⁶, não é, no entanto, suficiente para suprir as necessidades do ensino secundário. Principalmente porque este, pelo menos no Estado de São Paulo, experimenta uma grande expansão, principalmente na rede estadual, a partir da década de 30.

Quanto aos livros didáticos de matemática, o exame de algumas publicações da época mostra que, se de fato os três temas (aritmética, álgebra e geometria) são programados em cada série, não parece haver, no entanto, uma preocupação em trabalhá-los integradamente. Além disso parece não haver interesse em editar os "livros do mestre" (que voltarão a ser editados somente na década de 60).

Em abril de 1942, a Lei Orgânica do Ensino Secundário³⁷, que pretende o "prosseguimento do trabalho de renovação e elevação do ensino secundário do país"³⁸, reestrutura esse curso. Este continua a ser dividido em dois ciclos, porém o primeiro, denominado curso ginásial, tem agora 4 anos de duração, e o segundo, subdividido em clássico e científico, 3 anos.

Os programas de matemática de 1942 apresentam algumas diferenças em relação aos de 1931. Em primeiro lugar, não mais se insiste em que os três assuntos — aritmética, álgebra e geometria — sejam abordados em cada uma das séries do curso ginásial. A geometria é ainda abordada nas quatro séries iniciais, intuitivamente nas duas primeiras e dedutivamente nas duas últimas. A aritmética (prática) é, no entanto, ministrada só nas séries iniciais, enquanto a álgebra é programada para as duas últimas. Progressões, logaritmos e exponenciais e funções circulares, que constavam do programa da 4a.série (programa de 31) passam a figurar nos cursos clássico e científico. No 3º ano são estudados limites e derivadas. A geometria é bastante priorizada no segundo ciclo, sendo programada para todos os anos, incluindo-se ainda trigonometria no 2º ano e geometria analítica no 3º. Na Exposição de Motivos que precede a Lei Orgânica do Ensino Secundário(p.7), onde se faz referência ao estudo das ciências em geral, explicita-se que:

"No curso ginásial a matemática e as ciências naturais serão estuda-

das de modo elementar. Seria antipe-
dagógico sobrecarregar os alunos ,
nessa primeira fase de estudos se-
cundários, com estudos científicos
aprofundados".

Um estudo mais acurado deve ser feito no segundo
ciclo, de modo, porém, que o estudo da matemática tenha

"... no curso científico maior de-
senvolvimento do que no clássico .
Não deverá, porém, esse estudo ser
tão abundante e minucioso no curso
científico que possa tornar-se in-
conveniente demais, nem de tal mo-
do reduzido no curso clássico, que
não baste à formação de uma cultura
científica adequada aos fins do en-
sino secundário".

Adverte-se, também, que

"... não é papel do ensino secundá-
rio formar extensos conhecimentos ,
encher os espíritos adolescentes de
problemas e demonstrações, de leis
e hipóteses, ..., ou ficar na mera
memorização de regras, teorias e de
nominações, mas cumpre-lhe essencial-
mente formar o espírito científi-
co, isto é, a curiosidade e o dese-
jo da verdade, a compreensão da
utilidade dos conhecimentos cientí-
ficos e a capacidade de aquisição
desses conhecimentos".

Nota-se ainda a influência escolanovista na concepção do processo de ensino-aprendizagem:

"No ensino científico, mais do que em qualquer outro, falhará sempre irremediavelmente o processo do erudito monologar docente, a atitude do professor que realiza uma experiência diante dos alunos inexpertos como se estivesse fazendo uma representação, o método de inscrever na memória a ciência dos livros ... os alunos terão que discutir e verificar, terão que ver e fazer. Entre eles e o professor é necessário estabelecer um regime de cooperação no trabalho, trabalho que deverá estar cheio de vida e deverá estar cheio de vida e que seja sempre, segundo o preceito de weyano, uma "reconstrução da experiência".

A reforma Capanema, como é também designada a de 1942, e os programas nela propostos para as disciplinas não fazem calar, no entanto, as críticas que de há muito vinham sendo feitas ao ensino secundário. Os programas são consideradas excessivamente longos para serem desenvolvidos em curto período de tempo³⁹, tornando meramente formal o ensino na maioria das escolas (Ribeiro, s.d.; 325 e 327). Aponta-se que

"... o vício radical do nosso ensino, que o torna de todo ineficiente, está principalmente na multi -

plicidade de disciplinas em cada série e na desmedida extensão dos programas de cada disciplina, mor - mente nos programas de Matemática e de Ciências" (Vieira, 1949;177, grifos da autora).

Essa atmosfera de descontentamento leva, em 1951, Simões Filho, então Ministro da Educação, a pedir à Congregação do Colégio Pedro II que elabore novos programas visando ao "descongestionamento dos programas oficiais do ensino secundário" de modo que tenha "certa plasticidade a ajustar-se às diferenciações regionais" (Nóbrega, 1952 ; 419).

Esses programas, que contêm a "matéria mínima" a ser desenvolvida no ensino secundário, não diferem substancialmente do programa anterior. Os conteúdos são os mes - mos, apenas distribuídos de forma diferente. A geometria, por exemplo, não consta do programa de 2a. série ginasial e, no 2º ciclo, está toda concentrada no 1º ano, não mais sendo distribuída pelos três, como no anterior. A geometria analítica passa a ser desenvolvida no 3º ano do 2º ciclo , sob o nome de função linear. O único conteúdo não incluido, de fato, é "séries" (Portaria 1045, de 14/12/51; 33/41).

As instruções metodolôgicas não trazem também grandes novidades. O ensino, principalmente nos primeiros anos do curso ginasial, deve ter um caráter essencialmente prático e intuitivo. O método dedutivo, "com o cuidado que exiti

ge", deve ser introduzido, ainda no curso ginasial, à medida que o aluno for percebendo a "necessidade da justificativa, da prova e da demonstração". Recomenda-se o apelo à intuição e o cuidado em não exagerar na idéia de rigor, não se esquecendo que "a matemática não é lógica pura, como se admitiu por muito tempo". Insiste-se ainda no papel ativo a ser desempenhado pelo aluno no processo ensino-aprendizagem e na necessidade de se despertar sua atenção e seu interesse. Recomenda-se ter "sempre presente que o ensino não depende da disciplina em si, mas, principalmente, do aluno ao qual se ensina" e que "o que importa não é ensinar muito, mas ensinar bem" (Portaria citada;42) — recomendações sugestivas quando se leva em consideração o crescimento, na época, da escola secundária.

O desenvolvimento econômico, pelo qual passa o país no começo da década de 60, gerador de um número enorme de empregos, principalmente de nível médio, vai repercutir no domínio da educação e, de modo especial, no ensino de matemática. É o que se percebe num estudo especial do Conselho Federal de Educação de 1963, sobre o ensino de matemática no curso secundário, tendo em vista a Lei 4 024/61, de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Neste estudo se considera que o ensino de matemática no 1º ciclo

"... será, nas três primeiras séries, fundamentalmente de natureza instrumental, isto é, visará a proporcionar ao educando conhecimentos de ordem utilitária, exigidos pelas atividades cotidianas, tais

como, porcentagem, desconto, juro, conversão de medidas, problemas de velocidade, problemas de geometria plana intuitiva...", convindo que se reduza "... ao mínimo as preleções e memorizações, dedicando-se o máximo do tempo possível à resolução de problemas e exercícios..." iniciando-se, na 4a. série, o "... estudo da Geometria plana dedutiva, limitada, porém, à demonstração dos teoremas mais importantes, e, sempre com vistas às aplicações de ordem utilitária, ministrarse-ão ... as primeiras noções de logaritmos decimais e de trigonometria"⁴⁰ (grifos da autora).

Já no 2º ciclo

"... sem desprezar os seus valores instrumentais, a matéria⁴¹ deverá ser encarada principalmente quanto às suas finalidades de natureza educativa e cultural, sendo que, na terceira série, ainda sob o aspecto propedêutico" ... convindo ressaltar "não só a unidade da Matemática... mas também as suas relações com as demais disciplinas de formação geral, principalmente com as que interessam às ciências físicas e naturais, assim como às técnicas modernas" (id. ibid, grifos da autora).

Pode-se perceber claramente a ligação entre os programas propostos e as novas exigências do desenvolvimento econômico.

É no início da década de 60, também, que se generaliza a influência do movimento da Matemática Moderna no Brasil, com o lançamento dos primeiros livros didáticos escritos já sob essa influência⁴² e com a criação de alguns "grupos de estudo" para o ensino da matemática⁴³.

A influência predominante na introdução da Matemática Moderna no Brasil foi a francesa, como consequência dos cursos ministrados⁴⁴ na Universidade (na de São Paulo, especialmente) por matemáticos franceses, nas décadas de 40 e 50. Dentre eles figurava Dieudonné e outros ex-integrantes⁴⁵ do grupo Bourbaki. Assim, quando Dieudonné se lança em defesa da Matemática Moderna, é seguido pelos professores universitários brasileiros, que disseminam estas idéias entre os professores secundários.

A influência americana começa a se fazer sentir a partir da tradução, para o português, dos trabalhos do SMSG (School Mathematics Study Group), predominando, então, por algum tempo.

A seguir verifica-se nova influência francesa, quando são divulgados os trabalhos de outros grupos de educadores franceses.

A idéia central da Matemática Moderna é adaptar o ensino às novas concepções surgidas com a evolução desse ramo do conhecimento, o que significa trabalhar a matemática do ponto de vista das estruturas.

A preocupação com as estruturas e com a utilização da linguagem simbólica da teoria dos conjuntos está presente nos livros didáticos de matemática destinados ao curso ginásial, publicados no Brasil a partir da década de 60. A mesma orientação faz-se sentir nos programas propostos, em 1965, pela Secretaria da Educação do Estado de São Paulo⁴⁵, através do seu Departamento de Educação.

Se essa orientação, porém, pode ser facilmente posta em prática no tocante à álgebra e à aritmética, o mesmo não acontece com relação à geometria. Esta não pode mais ser trabalhada à maneira tradicional. Desta forma, num primeiro momento, opta-se por acentuar, nesses livros, as noções de figura geométrica e de intersecção de figuras como conjuntos de pontos do plano, por adotar, para a geometria, a mesma simbologia usada para os conjuntos em geral, e por trabalhá-la segundo uma abordagem "intuitiva". Esta abordagem se concretiza, nos livros didáticos, pela utilização de teoremas como postulados, mediante os quais pode-se resolver alguns problemas. Não existe, agora, uma preocupação em construir uma sistematização a partir das noções primitivas e empiricamente elaboradas.

Para manter-se a coerência do movimento em questão, faz-se necessário, no entanto, propor um trabalho com a geometria sob o enfoque das estruturas, feito por planos vetoriais ou por transformações — e um trabalho sob este último enfoque já vinha sendo feito por Dienes, que ministra vários cursos no Brasil, convidado pelos diversos grupos de estudo existentes nesse momento no país (e é quando

se acentua a influência americana, iniciada com a difusão, aqui, dos trabalhos do School Mathematics Study Group-SMSG). Mas poucos são os professores, no entanto, que dominam tais assuntos⁴⁷... e acaba-se por abandonar essa idéia.

Não de todo, porém.⁴⁸ Em 1975, a Secretaria de Educação do Estado de São Paulo divulga o Guia Curricular de Matemática — elaborado após a promulgação das Diretrizes e Bases para o ensino de 1º e 2º graus (Lei 5692/71)— que faz as seguintes recomendações, entre outras:

- um curso de geometria intuitiva para as quatro séries iniciais do primeiro grau;
- um estudo de medidas, feito "com muito mais propriedade e maior possibilidade de assimilação num curso de Ciências";
- o estudo, na 5a. série do 1º grau, de geometria "servindo de veículo para a introdução da linguagem da Teoria dos Conjuntos";
- a introdução do estudo de "Geometria pelas Transformações" a partir da 7a. série do 1º grau⁴⁹. (grifos da autora).

A orientação de trabalhar a geometria sob o enfoque das transformações, assunto não dominado pela grande maioria dos professores secundários, acaba por fazer com

que muitos deles deixem de ensinar geometria sob qualquer abordagem, passando a trabalhar predominantemente a álgebra — mesmo porque, como a Matemática Moderna fora introduzida através desse conteúdo, enfatizara sua importância. A Lei 5692/71, por sua vez, facilita este procedimento ao permitir que cada professor adote seu próprio programa "de acordo com as necessidades da clientela".

A maioria dos alunos do 1º grau deixa, assim, de aprender geometria, pois, em geral, os professores das quatro séries iniciais limitam-se a trabalhar somente a aritmética — e as noções de conjunto.

O estudo de geometria passa a ser feito, quando o é, apenas no 2º grau. A substituição do Desenho Geométrico pela Educação Artística nos dois graus de ensino vem, no entanto, tornar ainda maior a dificuldade dos alunos em trabalhar com as figuras geométricas e sua representação.

O que se observa aqui, embora referindo-se principalmente ao que ocorre no Estado de São Paulo, pode servir como amostra do que sucede em todo o país. Esta problemática se desenrola quando a escola pública se expande no Brasil, permitindo o ingresso de uma quantidade muito maior de alunos. Propõe-se, desta forma, aos professores um novo desafio: trabalhar com uma população muito diferente daquela com a qual estavam acostumados a lidar, sob novas (e piores) condições de trabalho — e de remuneração — e sob a pressão do Estado, que a toda hora lhes lembra o

custo econômico de manter, anualmente, cada aluno na escola⁵⁰.

Começa, assim, um processo de deterioração — física e cognitiva — da escola pública, que passa a ser freqüentada, agora, pelas camadas menos favorecidas da população, enquanto que as camadas mais privilegiadas vão para as escolas particulares. Nestas ainda ocorre o ensino de geometria, em que pesem as diferentes orientações e a influência dos livros didáticos — nos quais a álgebra continua sendo realçada, pelo simples fato de se apresentar a geometria sempre ao final das publicações.

Enquanto isso, nas academias militares, o estudo da geometria e das matérias afins continua sendo enfatizado.

A tradicional dualidade do ensino brasileiro até que poderia, em termos do ensino de matemática, ser colocado como: "escola onde se ensina geometria" (escola para a elite) e "escola onde não se ensina geometria" (escola para o povo).

A constatação desta situação e as dificuldades enfrentadas por professores de vários cursos (não só de matemática, ou de disciplinas afins) em trabalhar com alunos, cujo conhecimento de geometria é (quase) nulo, mesmo a nível de representação, tem tornado o assunto polêmico, gerando preocupações quanto à necessidade desse ensino — e de como desenvolvê-lo.

Notas

- 1 - Com a abolição da escravatura, o governo imperial indenizou os antigos senhores pela perda de seus escravos, considerados como parte integrante do patrimônio (Cohn, 1985; 287).
- 2 - Não se deve esquecer que a indústria brasileira produzia essencialmente bens de consumo final (têxteis, calçados, móveis, produtos alimentícios e outros) e alguns bens "intermediários" (como o cimento e o ferro gusa, utilizados na produção de outros) e, portanto, não tinha capacidade para produzir a maquinaria necessária. A Companhia Siderúrgica Nacional só foi instalada na fase final da guerra (Cohn, 1985; 295 e 229).
- 3 - A legislação trabalhista colocada em vigor durante o governo de Getúlio conquista para este a simpatia e o apoio do operariado: é quando surge o "trabalhismo".
- 4 - A demonstração mais expressiva das tensões existentes entre patrões e empregados na fase inicial do século é dada pela greve geral de 1917, que praticamente paralisou S. Paulo — um grande movimento coletivo que, apesar do seu baixo grau de organização, conseguiu congregiar grande número de operários motivados pela sua marginalização social e política (Cohn, 1985; 301).

- 5 - Em 1943, os tecidos representavam 13% das exportações brasileiras (id.ibid.).
- 6 - Ianni salienta, porém, que Vargas não pretendia com isso eliminar a participação do capital e da tecnologia estrangeiros na economia brasileira, mas sim reter o controle sobre as decisões que a afetavam.
- 7 - Essa orientação permanece até a década de 60, embora os Estados já viessem praticamente assumindo, de há muito, a responsabilidade pela criação, manutenção e funcionamento das escolas secundárias —e, no caso de São Paulo, pelo menos, também das escolas superiores.
- 8 - Denomina-se Primeira República ao período compreendido entre a proclamação desta e a Revolução de 30.
- 9 - A preocupação é principalmente com a nacionalização das escolas nas zonas de colonização alemã do sul do país, embora, mais tarde, ela se estenda também ao anarquismo, aos "elementos estrangeiros" responsáveis pelas greves operárias.
- 10 - A partir de 1922, acontecem vários levantes liderados pelos "tenentes", com o objetivo de concretizar a integração nacional, enfraquecida pelas diferenças regionais e de salvar o Estado, ameaçado por uma administração "corrompida e ineficiente".

- 11 - É interessante notar que o problema da qualidade do ensino surge, nos países mais desenvolvidos industrialmente, quando a população tem já assegurado o acesso ao ensino elementar e está pleiteando educação de nível mais elevado. No Brasil, entretanto, o debate começa antes que toda a população em idade escolar tenha acesso ao ensino elementar — talvez mesmo pela forte influência exercida pelas idéias da Escola Nova americana nos educadores brasileiros da época.
- 12 - Não é de se estranhar, pois, que pudesse ser realizada parceladamente, havendo, no entanto, a exigência de exames para o ingresso ao ensino superior.
- 13 - Desta forma, e como sempre, as dificuldades econômicas entre as diversas regiões acabam reforçando as diferenças também no campo educacional, agravadas pela inexistência de um plano nacional em relação à educação.
- 14 - Nas agitações observadas nas cidades, o problema central não é a educação. Outras razões podem ser apontadas, entre as quais o inchaço das cidades, decorrentes do êxodo rural gerado pela crise na agricultura, o déficit de moradias e, principalmente, de empregos, bem como das condições de trabalho oferecidas aos trabalhadores em geral.

- 15 - Como a infra-estrutura das escolas profissionais existentes impossibilita que se produza, em número suficiente e com a rapidez desejada, a mão-de-obra necessária à expansão industrial, criou-se (1942) — amparado pelo mesmo artigo (124) da Constituição no qual se estabelece a cooperação entre a indústria e o Estado para a formação de pessoal técnico — um sistema paralelo ao ensino oficial, em convênio com a Confederação Nacional das Indústrias — hoje o SENAI (Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial), destinado a organizar e administrar escolas de aprendizagem industrial em todo o país.
- 16 - Analisando-se as grades curriculares dos dois ciclos em que fica estruturado o curso secundário, pode-se perceber claramente seu direcionamento no sentido de proporcionar uma cultura geral e humanística, mesmo no ramo científico do 2º ciclo.
- 17 - Pode-se chegar facilmente a esta conclusão comparando-se as Tabelas V, VII e VIII referentes, respectivamente, à situação do ensino fundamental, do médio e do superior nos anos 1935 e 1945, em Ribeiro (1988 ; 124, 126 e 128).
- 18 - Tais medidas teriam, segundo Paiva (1989;136), o objetivo político de, ante a iminência das eleições que certamente se realizariam com a redemocratização do país, contar com novos contingentes eleitorais, formados dentro do espírito do getulismo.

- 19 - Quanto ao ensino primário, a expansão da escola normal não é suficiente para fornecer a quantidade de professores para supri-lo. Além disso, um grande número dos que se diplomam não exercem a profissão. Quanto ao ensino médio, o problema é semelhante, agravado pela inexistência, até 1934 quando foi fundada a Universidade de S.Paulo, de cursos destinados à formação de profissionais para esse nível de ensino. A criação, em 1954, da Campanha de Aperfeiçoamento e Difusão do Ensino Secundário (CADES) torna evidente a necessidade de obter, a curto prazo, pessoal relativamente habilitado para completar os quadros das escolas secundárias.
- 20 - Romanelli (ob.cit.;cap.5) faz uma análise detalhada da reforma imposta à educação brasileira após 1964 e do significado das mudanças introduzidas, esclarecendo ainda o papel assumido pela ajuda internacional dada via USAID (United States Agency for International Development).
- 21 - Pelo menos é o que ocorre no Estado de São Paulo, realidade mais próxima da vivência da autora.
- 22 - A "qualificação para o trabalho" imposta pela Lei 5692/71 ao ensino de 2º grau será transformada, pela Lei Federal 7044/82, em "preparação para o trabalho", o que retira desse grau de ensino a obrigatoriedade de profissionalização.

- 23 - Algumas pesquisas tem sido realizadas evidenciando a distorsão que ocorre no acesso à escolaridade de nível superior no país, entre as quais pode-se citar a do Prof. Newton Balzan, da UNICAMP.
- 24 - Otto de Alencar inicia, já no começo do século, uma reação contra o positivismo, então dominante na Escola Politécnica. Ele mesmo, como a maioria dos engenheiros de seu tempo, fora também positivista, rompendo, porém, com as idéias de Comte ao verificar que estas estavam sendo refutadas pela evolução da matemática. A reação por ele iniciada continua, após sua morte, pela ação de seus discípulos, entre os quais, Amoroso Costa e Teodoro Ramos — que veio a ser, mais tarde, professor da Escola Politécnica de São Paulo, tendo colaborado também na organização da Universidade de São Paulo (Antonio Paim, in Costa, 1981;41).
- 25 - Os alunos do Colégio Pedro II gozavam, desde o Império, do privilégio de ingressarem diretamente nos cursos superiores, sendo o mesmo direito concedido aos alunos dos colégios a ele equiparados — geralmente aqueles mantidos pelos governos estaduais. Os outros candidatos ao ensino superior, quer tivessem frequentado colégios particulares ou estudado com professores particulares, deveriam prestar exames das disciplinas preparatórias exigidas por lei, perante bancas de estabelecimentos oficiais ou a eles equiparados.

26 - Na década de 20, em São Paulo, no Ginásio do Estado da Capital (hoje, EEPSP São Paulo), era feito, por exemplo, no 2º ano do curso secundário, o estudo teórico da aritmética.

27 - Os primeiros livros didáticos foram introduzidos no Brasil pelos Irmãos Maristas. Eram traduções para o português de livros didáticos utilizados nos colégios mantidos por essa congregação na França e impressos lá mesmo, visto que não existiam ainda aqui casas impressoras — a primeira a ser instalada foi a Francisco Alves, na primeira década do século. Na década de 20, segundo o Prof. Castrucci, existia, além da coleção acima referida (e conhecida como FTD), a coleção (FIC), editada por outra congregação religiosa, e também a PSS (Pia Sociedade Salesiana). No Ginásio do Estado da Capital, onde estudou por essa época, lembra-se que eram franceses os livros adotados e estudados no idioma original. O livro de geometria era o de Comberrousse.

28 - Ainda hoje parece ser essa a intenção quanto à publicação desses livros, embora, em geral, as edições atuais limitem-se apenas à resolução dos exercícios ou a dar respostas às questões propostas nos livros "do aluno".

Algumas poucas publicações preocupam-se em ampliar os conhecimentos do professor ou a oferecer sugestões para seu trabalho.

- 29 - Embora não formando um número suficiente de professores para suprir as necessidades da escola primária, já existem, na época, várias escolas normais, criadas e mantidas pelos governos estaduais e destinadas à formação de professores primários.
- 30 - O ensino secundário se constituiu, então, em excelente mercado de trabalho para esses profissionais, impedidos de exercerem a profissão para a qual estavam habilitados, dadas as poucas oportunidades oferecidas pela estrutura econômica sobre a qual repousava a sociedade brasileira da época. Segundo ainda o Prof. Castrucci, tão poucos eram os interessados em cursar a Escola Politécnica que, para nela ingressar, na década de 20, não havia necessidade de prestar exame vestibular.
- 31 - A reforma Francisco Campos compreende
- . Decreto 19851/31 - Estatuto das Universidades Brasileiras
 - . Decreto 19852/31 - Organização da Universidade do Rio de Janeiro
 - . Decreto 19890/31 - Reforma do ensino secundário
 - . Decreto 20158/31 - Reorganização do currículo dos estudos econômicos.
- 32 - "Exposição de Motivos ao Decreto 19890", abr. 1931 (in Abreu, s.d.; 17/19).
- 33 - Permite-se, no entanto, aos maiores de 18 anos prestarem exames do curso fundamental, sem necessidade de matrícula ou frequência, não se tolerando o mesmo em

relação ao curso complementar (Bittencourt, 1956; 61/62).

- 34 - "Portaria Ministerial de 30 de junho de 1931" (in Biccudo, 1942; 156/163).
- 35 - É, pois, a partir da Lei Francisco Campos que aparecem os primeiros livros didáticos de matemática. Os primeiros a serem lançados dentro dessa nova orientação têm, como autor, Giacomo Stavale, professor do Colégio Caetano de Campos e de vários outros colégios particulares em São Paulo (Capital), logo seguidos pela coleção de autoria de Euclides Roxo, Cecil Thiré e Mello e Souza (informações do Prof. Castrucci).
- 36 - Até o final de 1947 funcionavam, no Estado, além da Universidade de São Paulo, a de São Bento, a de Sedes Sapientiae e a do Mackenzie, na capital, e uma em Campinas (Castro, 1974; 635). Castro assinala também que, na mesma época, havia quatro Faculdades de Filosofia, Ciências e Letras no Distrito Federal (Rio de Janeiro), duas em Minas, uma no Ceará, uma no Paraná, duas no Rio Grande do Sul, uma na Bahia, duas em Pernambuco e uma no Estado do Rio de Janeiro.
- 37 - Durante a gestão de Gustavo Capanema no Ministério da Educação foram baixados os seguintes decretos:
- a) Decreto-Lei 4073, de 30 de janeiro de 1942 - Lei Orgânica do Ensino Industrial;
 - b) Decreto-Lei 4048, de 22 de janeiro de 1942 - Cria o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial;

- c) Decreto-Lei 4244, de 9 de abril de 1942 - Lei Orgânica do Ensino Secundário;
- d) Decreto-Lei 6141, de 28 de dezembro de 1943 - Lei Orgânica do Ensino Comercial

Após a queda de Vargas e durante o Governo Provisório foram baixados:

- a) Decreto-Lei 8529, de 2 de janeiro de 1946 - Lei Orgânica do Ensino Primário
- b) Decreto-Lei 8530, de 2 de janeiro de 1946 - Lei Orgânica do Ensino Normal
- c) Decretos-Lei 8621 e 8622, de 10 de janeiro de 1946 - Criam o Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial
- d) Decreto-Lei 9613, de 20 de agosto de 1946 - Lei Orgânica do Ensino Agrícola

38 - "Exposição de Motivos da Lei Orgânica do Ensino Secundário" (in Nóbrega, 1952; 311).

39 - O programa proposto para a matemática deve ser desenvolvido em 3 aulas semanais por série. É preciso observar, no entanto, que o ano letivo começa em março, há avaliações mensais de todas as disciplinas, exames escritos na segunda quinzena de junho e de novembro e exames orais na primeira quinzena de dezembro. Há, além disso, um grande número de feriados durante o ano letivo.

40 - Documenta nº 11, jan/fev 1963; 23/24.

- 41 - A diferenciação dos conceitos de disciplina e matéria só é enfatizada na Lei 5692/71.
- 42 - Os primeiros textos, destinados ao curso ginasial, foram os de autoria de Osvaldo Sangiorgi, editados pela Cia. Editora Nacional.
- 43 - Entre tais grupos devem ser citados o GEEM (Grupo de Estudos do Ensino da Matemática), criado em 1961, em São Paulo, e o GEEMPA (Grupo de Estudos sobre o Ensino da Matemática), de Porto Alegre, criado em 1964.
- 44 - Tais cursos foram, pelo menos, ministrados na secção de matemática da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo.
- 45 - Deixava compulsoriamente de integrar o grupo Bourbaki, que congregava alguns dos mais influentes matemáticos franceses deste século, todo elemento que completasse 50 anos — era essa a única regra existente no grupo (Eves, 1983; 490).
- 46 - As "Sugestões para um roteiro de programa para a cadeira de Matemática", elaboradas pela Secretaria de Educação do Estado de São Paulo, de acordo com a nova política de descentralização que a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional pretendia promover, foram publicados no Diário Oficial do Estado de 19/1/65, pp. 42/43.

- 47 - Alguns cursos do GEEM que tentaram trabalhar tais idéias com os professores do ensino secundário resultaram, segundo o Prof. Castrucci, em verdadeiros desastres. Grande parte desses professores jamais haviam estudado esses assuntos, não se sentindo com ânimo, nem segurança, para abordá-los com seus alunos. É importante frisar que era grande, como sempre havia sido, o número de professores de matemática sem formação específica na disciplina, especialmente nos centros menores, mesmo no Estado de São Paulo, que contava com o maior número de Faculdades de Filosofia, e, portanto, com o maior número de profissionais habilitados do país.
- 48 - Uma experiência sistemática de trabalho com geometria pelas transformações com alunos do 1º grau foi realizado pelo Professor Omar Catunda, na Bahia, nas décadas de 60 e 70. Este trabalho prossegue, ainda, sob a orientação da Profa. Marta Souza Dantas.
- 49 - Para facilitar a implementação da nova proposta para o ensino de matemática foram publicados, em 1977, pela Secretaria de Educação do Estado de São Paulo, através da Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas (CENP), os "Subsídios para a implementação do guia curricular de matemática", álgebra e geometria para o 1º grau — 1a. a 8a. séries, nos quais esses temas são abordados sob as novas orientações.

50 - Não se deve estranhar, pois, os problemas pelos quais passa hoje a escola pública, ainda mais quando se leva em consideração os problemas da formação dos professores levantados ao longo deste texto.

IV — CONSIDERAÇÕES FINAIS

"Melhor que o estudo do espaço, a geometria é a investigação do "espaço intelectual", já que, embora comece com a visão, ela caminha em direção ao pensamento, indo do que pode ser percebido para o que pode ser concebido".

Wheeler

1. Por que ensinar geometria ?

A análise feita nos capítulos anteriores mostrou que o problema com o ensino da geometria surge e se avoluma à medida que as escolas de nível médio passam a atender um número crescente de alunos das classes menos favorecidas. A geometria é praticamente excluída do currículo escolar ou passa a ser, em alguns casos restritos, desenvolvida de uma forma muito mais formal a partir da introdução da Matemática Moderna, a qual se dá justamente quando se acirra a luta pela democratização das oportunidades educacionais¹, concomitante à necessidade de expansão da escolarização a uma parcela mais significativa da população.

Somente esta constatação bastaria para suscitar questionamentos sobre a contribuição da geometria para a formação dos indivíduos; no entanto, outros fatos vie

ram reafirmar essa necessidade: verifica-se, por exemplo, a pouca capacidade de percepção espacial de grande número de alunos (e de pessoas, em geral), requerida no exercício ou compreensão de múltiplas e variadas atividades profissionais².

Mesmo nos cursos superiores de matemática constata-se que os alunos apresentam muita dificuldade em compreender os processos de demonstração ou são incapazes de usá-los ou mesmo de utilizar qualquer tipo de representação geométrica para a visualização de conceitos matemáticos³.

É evidente que a exclusão da geometria dos currículos escolares ou seu tratamento inadequado podem causar sérios prejuízos à formação dos indivíduos.

Sem pretender analisar aqui, em profundidade, o papel da geometria na formação do aluno, há, no entanto, algumas observações a serem feitas.

Ressaltar o papel da geometria não significa minimizar o da álgebra. Atiyah (1982; 183) salienta mesmo, como já foi apontado na terceira parte do capítulo III, que há necessidade de cultivar e de desenvolver tanto o pensamento visual, dominante na geometria, quanto seqüencial, preponderante na álgebra, pois ambos são essenciais à educação matemática. A prioridade dada, ainda recentemente, à álgebra, tanto na pesquisa como no ensino da matemática, a

cabou por desenvolver somente um tipo de pensamento. É necessário, portanto, restabelecer o equilíbrio⁴, retomando-se o ensino da geometria.

Quanto à contribuição especial que a geometria pode dar à formação do aluno — dependendo, é claro, do modo como é trabalhada — não pode se resumir apenas ao de desenvolvimento da percepção espacial.

A geometria apresenta-se como um campo profícuo para o desenvolvimento da "capacidade de abstrair, generalizar, projetar, transcender o que é imediatamente sensível" — que é um dos objetivos do ensino da matemática⁵ — oferecendo condições para que níveis sucessivos de abstração possam ser alcançados. Partindo de um nível inferior, no qual reconhece as figuras geométricas, embora percebendo-as como todos indivisíveis, o aluno passa, no nível posterior, a distinguir as propriedades dessas figuras; estabelece, num terceiro momento, relações entre as figuras e suas propriedades, para organizar, no nível seguinte, sequências parciais de afirmações, deduzindo cada afirmação de uma outra, até que, finalmente, atinge um nível de abstração tal que lhe permite desconsiderar a natureza concreta dos objetos e do significado concreto das relações existentes entre eles⁶. Delineia-se, desta forma, um caminho que, partindo de um pensamento sobre objetos, leva a um pensamento sobre relações, as quais se tornam, progressivamente, mais e mais abstratas.

O ensino de geometria pode contribuir também para a formação do aluno favorecendo, como aponta Wheeler (1981;352), "um tipo particular de pensamento — buscando novas situações, sendo sensível aos seus impactos visuais e interrogando sobre eles". Ela permite o desenvolvimento da "arte da especulação" traduzida na questão "o que a conteceria se...", que expressa o estilo hipotético-dedutivo do pensamento geométrico (Wheeler, id.ibid.). É neste sentido que a geometria é a investigação do "espaço intelectual" a que se refere a citação inicial deste capítulo⁷.

Thom (1971;698) apresenta um outro argumento a favor do ensino de geometria, salientando ser este importante sob um outro ponto de vista:

"... a geometria é um intermediário natural e possivelmente insubstituível entre a língua e o formalismo matemático, no qual cada objeto é reduzido a um símbolo e o grupo de equivalências é reduzido à identidade do símbolo escrito consigo mesmo. Deste ponto de vista, o estágio do pensamento geométrico pode ser um estágio impossível de omitir no desenvolvimento normal da atividade racional do homem".

Estes argumentos a favor do ensino da geometria, apresentados por educadores matemáticos, não encerram, porém, a discussão sobre seu valor educacional. Oferecem,

no entanto, indicações valiosas para futuras investigações e suscitam, além disso, questões relativas à escolha dos conteúdos e do tipo de trabalho mais convenientes ao desenvolvimento, no aluno, de determinadas capacidades, necessárias à sua formação integral.

2. Conclusão

A análise histórica do que aconteceu no Brasil e no mundo com o ensino em geral torna evidente que a luta pelo conhecimento pode ser vista como uma luta pelo poder.

As decisões relativas ao ensino não podem, pois, serem vistas como desvinculadas do contexto histórico, político e social.

O ensino de certas disciplinas, reconhecidamente importantes para a formação dos indivíduos, foi negligenciado, e não por acaso.

Este trabalho mostra como este fato se deu com relação ao ensino da geometria.

Não pretendo ter esgotado as discussões sobre os problemas aqui abordados. Espero, porém, ter fornecido elementos para novas discussões e contribuído para suscitar outros questionamentos.

Muito há para ser desvelado, tanto no que se refere ao ensino da geometria, como ao ensino em geral, visando uma escola verdadeiramente democrática.

Notas

- 1 - Já se comentou sobre esse assunto em outra oportunidade. Uma discussão mais política a respeito pode ser encontrada em Bkouche (1980).
- 2 - Baracs e Pallacio (1981;37) citam, entre outras, a cristalografia, a bioquímica, a cirurgia, a coreografia, a arquitetura, a operação de pães mecânicas.
- 3 - Mesmo em nível elementar notam-se problemas: muitas pessoas, por exemplo, são incapazes de aumentar ou diminuir um molde proporcionalmente a outro dado, ou de estabelecer relação entre uma amostra de tricô e o molde de uma peça qualquer a ser confeccionada.
- 4 - Embora repetidas vezes se tenha recomendado, como já vimos, o tratamento articulado desses assuntos, poucas têm sido as tentativas de abordá-los integradamente em sala de aula — especialmente porque os professores não estão acostumados a tratá-los dessa maneira e os livros didáticos, com honrosas exceções, continuam a apresentá-los totalmente desvinculados uns dos outros. A "Proposta Curricular para o Ensino de Matemática - 1º grau" (1987) procura fornecer subsídios para uma abordagem integrada desses temas.

- 5 - Proposta Curricular para o Ensino de Matemática - 1º grau (1987; 6).

- 6 - Este esboço de como se desenvolve o processo de abstração (em geometria) baseia-se num modelo de aprendizagem em geometria proposto pelos van Hiele. O trabalho desse casal de educadores matemáticos holandeses forneceu as bases para a elaboração do currículo e métodos de ensino da geometria na URSS na década de 60 (Wirszup, 1976; 76/78 e Hoffer, 1983; 206/210). O importante é que o modelo van Hiele, como assinala Hoffer, pode ser aplicado não só à geometria como à maioria das matérias estruturadas, embora não se espere, ao menos no caso específico analisado neste trabalho, que o nível final possa ser atingido no 2º grau.

- 7 - Uma discussão sobre como se dá a formação do raciocínio hipotético-dedutivo em geometria, fundamentada no trabalho de Piaget e seus colaboradores, encontra-se em Not (1981;307/311).

— BIBLIOGRAFIA

- ABREU, A. de. Leis do ensino secundário e seus comentários.
s.n.t.
- ATIYAH, M. What is geometry ? The Mathematical Gazette, 66
(437): oct, 1982.
- AZEVEDO, F.de. A transmissão da cultura; parte terceira da
5a.ed. de A cultura brasileira. São Paulo, Melhoramentos,
INL, 1976.
- BACCA, J.D.G. Introducción filosofica aos Elementos de Eu-
clides. México, Universidad Autónoma de México, 1944.
- BARACS, J. & PALLACIO, R. O desenvolvimento da percepção es-
pacial, in CIEAEM - Comtes Rendus de la 33.^e Rencontre In-
ternationale, pp. 37-38. Pallanza, 1981.
- BARAN, P.A. & SWEEZY, P.M. Capitalismo monopolista: ensaio
sobre a ordem econômica e social americana. Trad. Wal -
tensie Dutra. 3. ed. Rio de Janeiro, Zahar, 1978.
- BARKER, S.F. Filosofia da matemática. Trad. Leônidas He -
genberg e Octanny S. da Mota. Rio de Janeiro, Zahar ,
1969.
- BERNAL, J.D. Ciência na história. Trad. Antonio N. Pedro. Lis-
boa, Livros Horizontes 1975/1978. 7 v.

- BICUDO, J. de C. O ensino secundário no Brasil e sua atual legislação: 1931 a 1941. São Paulo, s.ed., 1942.
- BITTENCOURT, R. A educação brasileira no império e na república, Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos, Rio de Janeiro, 19 (49): 41-76, jan./mar., 1953.
- BOYER, C.B. The history of the calculus and its conceptual development; the concepts of the calculus. New York, Dover Publications, 1959.
- BRAVERMAN, H. Trabalho e capital monopolista: a degradação do trabalho no século XX. Trad. Natanael C.Caxeiro. 3. ed. Rio de Janeiro, Zahar, 1981.
- CARNOY, M. & LEVIN. H.M. Escola e trabalho no Estado capitalista. Trad. Lólio L.de Oliveira. São Paulo, Cortez, 1987.
- CASTRO, A.D. de. A licenciatura no Brasil, Revista de História, São Paulo, (100), 1974.
- CARVALHO, D.L. de. A concepção de matemática do professor também se transforma. Campinas, UNICAMP, 1989. Dissertação de Mestrado.
- CATANI, A.M. O que é capitalismo? São Paulo, Brasiliense, 1984.
- COHN, G. Problemas da industrialização no século XX. In: MOTA, C.G. Brasil em perspectiva. São Paulo, Difel, 1985.

- COHEN, D.K. & LAZERSON, M. Education and the corporate order. In: KARABEL, J. & HALSEY, A.H. Power and ideology in education. New York, Oxford University Press, 1977.
- COLLETTE, J.P. História de las matemáticas. Madrid, Siglo Veintiuno, 1985. 2v.
- COSTA, M.A. As idéias fundamentais da matemática e outros ensaios. 3.ed. São Paulo, Convívio/EDUSP, 1981.
- DAVIS, P.J. & HERSH, R. A experiência matemática. Trad. J. B. Pitombeira, Rio de Janeiro, Francisco Alves, 1985.
- DECCA, E. de. O nascimento das fábricas. 5.ed. São Paulo, Brasiliense, 1987.
- EVES, H.W. An introduction to the history of mathematics. 5.ed. New York, CBS College Publishing, 1983.
- FREUDENTHAL, H. Mathematics as an educational task. Dordrecht, D.Reidel Publishing, 1973.
- GORDON, P. & LAWTON, D. Curriculum change in the nineteenth & twentieth centuries. Londres, Hodder and Stoughton, 1978.
- HOFFER, A. Van Hiele-based research. In: LESH, R. & LANDAU, M. Acquisition of mathematics concepts and processes. New York, Academic Press, 1983.

- IANNI, O. Industrialização e desenvolvimento social no Brasil. Rio de Janeiro, Civilização Brasileira, 1965.
- . Estado e planejamento econômico no Brasil (1940-1970). Rio de Janeiro, Civilização Brasileira, 1971.
- KISHIMOTO, T.M. J. Bruner - contribuição para o desenvolvimento do currículo. São Paulo, USP, 1976. Dissertação de Mestrado.
- KLINE, M. O fracasso da matemática moderna. Trad. Leônidas G. de Carvalho. São Paulo, Ibrasa, 1976.
- LEI Orgânica do ensino secundário. Decreto-Lei 4244 de 09 de abril de 1942. São Paulo, Ed. e Publ. Brasil, 1942 . (Manuais de Legislação Brasileira, 82).
- LEMME, P. O manifesto dos pioneiros da Educação Nova e suas repercussões na realidade educacional brasileira. Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos, Brasília, 65 (150): 255-272. maio/ag., 1984.
- LÉON, A. Da Revolução Francesa aos começos da Terceira República. In DEBESSE, M. & MIALARET, G. História da Pedagogia. Trad. Carlos Rizzi e outros. São Paulo, Ed. Nacional/EDUSP, 1977. (Tratado das Ciências Pedagógicas , 2)

- LOWY, M. As aventuras de Karl Marx contra o barão de Münchhausen: marxismo e positivismo na sociologia do conhecimento. Trad. J. Guimarães e S.F. Lévy. São Paulo, Busca Vida, 1988.
- MACHADO, N.J. Matemática e realidade. São Paulo, PUC, 1981. Dissertação de Mestrado.
- MANACORDA, M.A. História da educação: da antiguidade aos nossos dias. Trad. G. Lo Monaco. São Paulo, Cortez, 1989.
- MARROU, H.I. Histoire de l'éducation dans l'antiquité. 3. ed. Paris, Éditions du Seuil, 1955.
- NAGLE, J. A educação na Primeira República. In: FAUSTO, B. História geral da civilização brasileira; O Brasil Republicano: sociedade e instituições (1889-1930). Rio de Janeiro, Difel, 1977. Tomo III, v.2.
- NÓBREGA, V.L. da. Enciclopédia da legislação do ensino. Rio de Janeiro, s.ed., 1952.
- NOT, L. As pedagogias do conhecimento. Trad. Américo E. Bandeira. São Paulo, Difel, 1981.
- PACI, M. Education and the capitalist labor market. In: KABEL, J. & HALSEY, A.H. Power and ideology in education. New York, Oxford University Press, 1977.

- PAIVA, V.P. Educação popular e educação de adultos. 3.ed. São Paulo, Loyola, 1985.
- PIAGET, J. & GARCIA, R. Psicogênese e história de la ciencia. México, Siglo Veintiuno, 1982.
- PONCE, A. Educação e luta de classes. Trad. José S. de C. Pereira. 8.ed. São Paulo, Cortez, 1988.
- PROGRAMAS para o ensino secundário e suas instruções metodológicas; Portaria n. 1045 de 14 dez. 1951. São Paulo, Ed. do Brasil, 1951, p. 33-43.
- RIBEIRO, M.Luisa S. História da educação brasileira: a organização escolar. 8. ed. São Paulo, Cortez, 1988.
- RIBEIRO, P.de A. Evolução do ensino secundário no Brasil. In: PEIXOTO, H.A. Um grande problema nacional. Rio de Janeiro, Irmãos Pongetti, s.d.
- RINGER, F.K. Cultural transmission in German higher education in the nineteenth century. In: KARABEL, J. & HALSEY, A.H. Power and ideology in education. New York, Oxford University Press, 1977.

ROMANELLI, O. de O. História da educação no Brasil (1930-1973). 8.ed. Petrópolis, Vozes, 1986.

SÃO PAULO (ESTADO). Secretaria da Educação. Centro de Recursos Humanos e Pesquisas Educacionais "Prof. Laerte Ramos de Carvalho". Guias curriculares propostos para as matérias do núcleo comum do ensino de 1º grau. São Paulo, SE/CERHUPE, 1975.

SÃO PAULO (ESTADO). Secretaria da Educação. Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas. Proposta curricular para o ensino de matemática - 1º grau. São Paulo, SE/CENP, 1987.

SÃO PAULO (ESTADO). Secretaria da Educação. Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas. Análise dos relatórios - Proposta curricular de matemática. São Paulo, SE/CENP, 1988.

SHARP, R. Knowledge, ideology and the politics of schooling. Londres, Routledge and Kegan Paul, 1980.

SILVER, H. Education as history. New York, Methuen, 1983.

SNAPPER, E. As três crises da matemática: o logicismo, o intuicionismo e o formalismo. Trad. J.B. Pitombeira de Carvalho. Humanidades, Brasília, 2 (8):jul./set.1984.

STRUICK, D.J. A concise history of mathematics. New York, Dover, 1967.

- SUYDAM, M.N. The shape of instruction in geometry: some highlights from research. Mathematic Teacher: 481/485, sept. 1985.
- THOM, R. "Modern" Mathematics: an educational and philosophic error? American Scientist (59): 695-699; nov. / dec. 1971.
- TROW, M. The second transformation in American secondary education. In: KARABEL, J. & HALSEY, A.H. Power and ideology in education. New York, Oxford University Press, 1977.
- VERA, F. Breve história de la matemática. Buenos Ayres, Losada, 1946.
- VIAL, J. A época contemporânea. In DEBESSE, M. & MIALARET, G. História da Pedagogia. Trad. Carlos Rizzi e outros. São Paulo, Ed. Nacional/EDUSP, 1977. (Tratado das Ciências Pedagógicas, 2).
- VIEIRA, A. Nossos programas de matemática. Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos, Rio de Janeiro, 13 (35) : p. 177-179, jan/abr, 1949.
- WHEELER, D. Imagem e pensamento geométrico. CIEAEM - Comptes Rendus de la 33^e Rencontre Internationale, pp. 351-353, Pallanza, 1981.

WIRSZUP, I. Breakthrough in the psychology of learning and teaching geometry. In: MARTIN, J.L. Space and geometry. Columbus, The Ohio State University, 1976.

ZIMAN, J. A Força do conhecimento: a dimensão científica da sociedade - Trad. Eugênio Amado. Belo Horizonte, Itatiaia /EDUSP, 1981.