

Rigler, F.H & R.H. Peters. 1995. Science and Limnology.
Ecology Institute, Alemanha

Tradução automática com 'Google Translator' deste capítulo por

Adriano S. Melo (Ecologia, UFG)

Para uso dos alunos de Biologia e Ecologia da UFG.

Disciplinas Epistemologia e Filosofia da Ciência.

Junho 2011

X Uma educação em ciências: Avaliação

"The instruction at Edinburgh was altogether by lectures, and these were intolerably dull ... "

Charles Darwin

[*The Autobiography of Charles Darwin* (1876)]

A força do meu argumento para este ponto foi que o conhecimento científico é o conhecimento de um tipo especial. Ele usa a teoria para identificar quais as observações possíveis são improváveis. A ecologia como ensinamos e aprendemos muitas vezes não cumpre este critério, ainda não há uma alternativa. Ecologia preditiva utiliza uma abordagem holística e empírica para identificar padrões na natureza. Essa busca por padrão tem sido um passo inicial no desenvolvimento de toda teoria científica. Melhor ainda, a identificação de padrões é um processo simples que usa o tempo-honrado ferramentas científicas e que se encontra dentro do alcance da maioria dos cientistas que trabalham. Mesmo sem o gênio, podemos criar uma ecologia mais incisiva pelo pensamento sobre a ciência que fazemos.

Um elemento dessa introspecção é pensar sobre a nossa forma de ensinar ecologia e biologia. Como uma geração de cientistas ensina o seguinte, é imperativo que nós consideramos nossos paradigmas atuais e métodos de ensino, o seu sucesso passado e seu futuro papel na educação. Temos que ensinar melhor do que nos foi ensinado ou ensinamos.

Sobre o Aconselhamento de Professores

Talvez o ato mais arrogante que um professor pode cometer é aconselhar os outros como ensinar. O que é apenas uma fraqueza por parte de um aluno, pais ou administrador é um pecado para o professor porque o professor só sabe o quanto difícil é para ensinar bem do que para dar bons conselhos. Nós professores sabemos como uma lição fácil, concebida como um belo sonho na solidão de nosso escritório, se torna um pesadelo quando apresentados em sala de aula. E embora possamos sair correndo uma eloqüente descrição da nossa filosofia, métodos e objectivos em uma noite. raramente, talvez nunca, produzir um curso que realmente atinge os objetivos. Como professor, eu deveria saber melhor do que dar conselhos sobre o ensino. No entanto, eu ceder à tentação de fazê-lo porque acredito que é o momento para uma mudança no ensino da ecologia, da biologia e da ciência. O currículo que herdamos do século 19, a Grã-Bretanha não é mais apropriado para a produção dos cientistas de que precisamos.

Mesmo que eu reservei a minha aversão aos pareceres sobre o ensino, que ainda enfrentam perguntas assustadoras como "Será possível para nos tornarmos melhores professores de ciência do que estamos agora?", "Nós alcançamos os limites impostos pela nossa própria capacidade e educação? ", e " O que resta a ser dito sobre um assunto que tem sido trabalhado e retrabalhado por gerações de educadores profissionais? " Eu não posso responder a estas perguntas com autoridade. Quando me ensinar, eu simplesmente professar a minha opinião sobre a ciência a um pequeno grupo de alunos selecionados. Por isso, não têm nem a formação nem a experiência de uma espera de um

professor de pedagogia. Eu só tenho fé - fé que sempre há mais a ser dito e fé que podemos sempre fazer melhor. As escolas secundárias poderiam fazer um melhor trabalho de preparação de estudantes para programas de ciência na universidade, e as universidades poderiam fazer um trabalho melhor com os estudantes que recebem. Aqueles de nós que são os professores devem se perguntar como isso pode ser alcançado.

Os Objetivos de uma Educação em Ciências na Universidade

Para começar, devemos perguntar o que devemos estar fazendo para nossos alunos. Em outras palavras, qual é o propósito de uma formação universitária em ciências? Vejo apenas duas finalidades da educação científica, uma questão de detalhes práticos e outra uma questão de compreensão geral, mas reconheço que estes são forçados diferentemente por diferentes pessoas.

O objetivo primeiro é prático. Os alunos esperam que a universidade para se prepararem para uma carreira e, portanto, querem que eles chamam de um grau comercializáveis. Os legisladores e os contribuintes querem a universidade para produzir os técnicos e gestores necessário para manter uma sociedade industrial altamente tecnológica, funcionando perfeitamente. Os objetivos de ambos os grupos de interesse podem ser atendidas por proporcionar aos alunos um certo número de habilidades específicas, dando-lhes a capacidade de aprender novas habilidades e inculcando-lhes a confiança para usar suas habilidades.

Os professores universitários, por vezes, rejeitam as exigências práticas de alunos e da sociedade, porque nós pensamos que eles incompatíveis com os objetivos de uma verdadeira universidade. Por isso, pouco tempo para ensinar os alunos explicitamente os detalhes de fazer as coisas. Em vez disso, procuramos desenvolver uma compreensão geral da área, presumindo-se que as habilidades práticas necessárias para resolver problemas específicos, de alguma forma seguem-se automaticamente. Infelizmente, a evidência para esta acoplamento de compreensão geral, com capacidade específica não é forte, e muitos graduados estão frustrados por sua cultura geral lhes dá tão pouca capacidade de fazer qualquer coisa concreta.

Nosso desinteresse em ensinar as pessoas como fazer as coisas reflete uma longa tradição que a ciência é uma atividade estética e contemplativa, e não uma prática. Muitos pensadores da Grécia antiga evitado experiência, talvez porque as suas capacidades de produção eram muito rudimentares para testar as suas ideias sofisticadas ou porque o trabalho manual era apropriado apenas para os escravos (Macaulay 1852, Russell 1931, Medawar, 1984). Em grandes universidades britânicas, as tradições do pensamento científico e discussão surgiu das humanidades e artes. Ciência aplicada e engenharia foram deixados para mais homens práticos fora da academia (como James Watt ou Josiah Wedgwood), de modo que as habilidades manuais foram subvalorizadas. Até este século, muitos cientistas Inglês foram independentemente senhores ricos que viram o estudo da natureza como puramente intelectual. Eles criaram e usaram experiências, mas o trabalho e competências técnicas foram fornecidos por técnicos desconhecidos (preço 1986). A tradição contemplativa na ciência tem uma longa e nobre linhagem, mas foi um erro. Estamos errados para tratar a ciência apenas como uma questão para a mente.

As universidades sempre tiveram alguns pedestres, objetivos práticos e sempre será. Agora, quando o fazer e o ensino de ciências são mais caros do que nunca, as universidades dependem totalmente da sociedade. Os professores devem, portanto, servir o Estado e os estudantes. Devemos ensiná-los a fazer as coisas. Como um bônus, nós achamos que também produzem os cientistas a melhor, porque vamos produzir pessoas que possam fazer a sua ciência, e não apenas pensar e falar sobre isso.

Eu não quero dizer que a universidade não é nada senão uma instituição de serviço. Ela é e deve ser

um elemento subversivo na sociedade. Seus professores deveriam pregar um anti-materialista, anti-establishment, e doutrina, por vezes, anti-religioso. Como a universidade treina alunos para ser ferramentas úteis da sociedade, ela também deve tentá-los com uma visão de total auto-indulgência: a vida na ciência, uma vida dedicada à investigação sobre o funcionamento do mundo material. Como nós treinamos nossos alunos, devemos tentar mudar seus valores, para torná-los mais interessados nas generalidades da natureza do que nos detalhes de como ganhar dinheiro.

Desde a nossa subversão raramente dá certo, os cientistas da universidade de ensino foram mais felizes os rebeldes violentos da década de 1960 que o rebanho dócil do final dos anos 70 e 80. Estudantes em 1960, parecia muito menos interessados nas demandas da sociedade, que nós professores pensávamos que tinha finalmente conseguido em nossa agenda subversiva.

Estratégias para o Ensino

O professor tenta fornecer uma visão geral dos principais resultados da disciplina contemporânea, para iniciar o aluno em paradigmas da ciência, e mostrar ao aluno como os resultados da disciplina aplicável às observações pertinentes. Algumas destas estratégias vai ensinar aos alunos sobre as teorias da ciência, mas outros podem entrar em conflito tanto com essa intenção e com as expectativas dos alunos e da sociedade. No entanto, porque os professores universitários raramente especificar as metas ou estratégias de educação, falta de guias explícita na elaboração e apresentação do seu material. Em vez disso, os professores tentam fazer tudo ao mesmo tempo e os cursos de ciências se tornar auto-contraditório, confuso e confuso. É, portanto, um exercício útil considerar quais estratégias poderiam atingir os vários objetivos da educação.

Obtendo poder pela teoria. Teorias permitir que qualquer pessoa para obter deduções idênticos a partir das informações, mesmo especificado. Eles têm que ser usados com cuidado, pois eles fornecem o poder da ciência de controlar o nosso ambiente e nossas vidas. No entanto, eles não são declarações que devem ser mantidos fora das mãos dos incautos ou os não iniciados (ou seja, os alunos). Em vez disso, uma iniciação no uso da teoria deve ser o núcleo de uma efetiva educação em ciência.

Na prática, a aplicação da ciência é necessariamente uma questão de detalhe. Exige um conhecimento das teorias de generalidade muito baixo para selecionar adequadamente entre as concorrentes construções, a escolha das técnicas adequadas para controlar uma situação particular, a utilização dessas técnicas também, para avaliar os resultados desse acompanhamento, e para encontrar alternativas que compensem quaisquer efeitos adversos sugerido pela avaliação. Parte de nossa educação deve ensinar este processo através de exemplos paradigmáticos de boas práticas e de sucesso ecológico.

Os alunos também precisam aprender as teorias de maior generalidade. teorias Grand fornecer modelos por menos teorias gerais e aos contextos de ação específicos. Os alunos devem, portanto, aprender as grandes teorias da ciência, como as leis da termodinâmica ou gravidade. Há também teorias de generalidade intermédios que ligam as grandes teorias para a observação e que fornecerá mais ampla, as previsões menos precisas sobre os fenômenos da natureza para não-especialistas. O aluno deve dominar algumas dessas teorias intermédias também.

A educação científica também transmite as tradições de pesquisar e testar teorias. Ele descreve alguns dos sucessos da descoberta teórica e aplicação, e expõe as falhas da teoria atual. Nas palavras de Kuhn (1962), que fornece paradigmas para futuros profissionais.

Uma educação em ciência deve ensinar aos estudantes como usar um subconjunto da teoria existente, fornecer-lhes as competências necessárias para encontrar outras teorias existentes, e cultivar suas habilidades para criar, aplicar, divulgar e avaliar as teorias futuras. Se nós ensinamos aos nossos alunos sobre a teoria e as teorias, nossos alunos que acham que têm habilidades para

vender, a sociedade achar que têm os técnicos necessários, e ciência iria encontrá-lo tem uma nova geração de profissionais capazes. Um aluno que tenha tido tal educação poderia saber um pouco do que foi feito e o que resta a fazer, iria conhecer uma série de exemplos de boa prática científica, que vê como condições técnicas e interagir com a teoria, e teria um conjunto básico de teorias que permitem a aplicação do conhecimento para alguns dos problemas da sociedade. Tal estudante teria sido habilitado pela sua educação científica.

Compreensão pela explicação. O conhecimento científico é preditivo e as teorias são as construções que fazem previsões. Gostaria de poder afirmar que a educação em ecologia é baseada na teoria, mas tal afirmação não é justificada.

Se alguém procura os índices e tabelas de conteúdo de textos de ecologia atual de referências a "teoria", fica-se impressionado com o quão raramente o termo é usado. Quando ela é usada, a palavra quase sempre denota uma construção altamente acadêmica que faz poucas, se alguma, as previsões. A maioria dos cursos de ecologia, textos e os professores tentam descrever a ciência contemporânea e, portanto, não enfatizar o papel da previsão e teoria. Porque os ecologistas muitas vezes não reconhecem o papel central da teoria na ciência, nós ainda não temos as teorias de que precisamos, nós não ensinamos algumas teorias que temos, e nossos alunos seriam incapazes ou não querem saber deles se o fizéssemos. Em suma, os cursos ensinam que é a ecologia, e não o que ele faz ou deveria ser.

Muitos professores de ecologia têm adotado uma estratégia destinada a produzir uma sensação de compreensão, ao invés de um domínio da teoria ecológica. Ao fornecer um sentido de entendimento, a ciência nos faz sentir "em casa" no universo e assim desempenha um papel semelhante ao da arte, religião, e uma variedade de outras atividades humanas. Estas atividades sucesso, dando-nos a sensação de que nós entendemos e controlar os acontecimentos em nossas vidas, mesmo que isso não é assim. Na religião, os rituais associados com o solstício de inverno parece trazer dias mais longos e, eventualmente, a primavera. Na arte, a irracionalidade da poesia pode parecer para explicar os acontecimentos e sentimentos que não entendemos em tudo, como o amor, a beleza, o riso, e dor. E na ciência, um estudante de educação pode expor longamente sobre as causas do tempo, o impacto da poluição e do futuro da aids, embora o fenômeno pode ser totalmente imprevisível. Em todos os campos, a importância da compreensão não é se nós realmente controlar os acontecimentos, porque nós certamente não, mas para nos fazer sentir menos à mercê de poderes desconhecidos e forças.

Para promover a compreensão, os professores tentam explicar aspectos relevantes do universo usando as construções da sua disciplina. Em princípio, estas explicações devem demonstrar que uma dada observação poderia ter sido previsto e, portanto, que a observação foi um exemplo que poderia ter sido deduzida a partir de uma teoria mais geral (Hempel, 1962). Na prática, os elementos de explicação são uma miscelânea (Peters, 1991a). Ao oferecer alternativas à teoria da previsão, a busca do entendimento usurpa o lugar certo do que quer que as teorias que temos, e se esconde a nossa ignorância com o jogo de palavras.

Prováveis explicações com base nas declarações de previsão não são nada mais do que racionalizações *post hoc*. Porque a mente humana pode explicar qualquer conjunto finito de observações de várias maneiras, tais explicações são sempre possíveis e plausíveis. Dada a vantagem da retrospectiva, *post hoc* explicações cabem exatamente os dados disponíveis, enquanto as previsões da teoria são inespecíficas declarações de probabilidade. Enquanto nós só comparar as explicações para os dados que já foram observadas, racionalizações *post hoc* parecem mais precisos e atraentes do que as explicações científicas.

Para distinguir a racionalização *post hoc* de explicação científica, deve-se perguntar se alguma observação teria invalidado a explicação. Porque racionalizações *post hoc* são específicos e

complexos, eles precisam apenas explicar o que ocorreu. observações alternativas são facilmente explicadas pelas diferenças nos detalhes de cada caso. Em contraste, as teorias científicas não só predizem algumas observações, que também proíbe os outros. A teoria seria falsa se estas outras observações foram feitas. Esta assimetria tem como consequência lamentável que racionalizações *post hoc* são difíceis de remover do campo, então eles tendem a se acumular na literatura. Teorias e explicações baseadas em teorias, pode ser falsificada e esquecido. Em ecologia, as explicações não-científicas fornecer aos alunos exemplos pobres, e esconder o fato de que podemos prever relativamente pouco e apenas imperfeitamente. É lamentável, porque, se nós reconhecemos o nosso grau de ignorância científica, gostaríamos de ver também as muitas oportunidades de melhoria que oferece ecologia.

É provável encontrar a compreensão não-científica sedutora, porque não estamos dispostos a admitir o quão pouco nós controlamos nosso ambiente. Se aceitássemos a previsibilidade como critério para o conhecimento científico, nós percebemos que a maioria das decisões que regem nossas vidas não são cientificamente justificados. Economia é preditiva pântano, um lamaçal da política científica, a interação social um pântano da intuição, e assim por diante. Se reconhecemos os limites da nossa capacidade de previsão e manipuladora, já o nosso sentido profundo de desamparo pode se tornar insuportável.

O papel explicativo da compreensão pode refletir uma necessidade profundamente arraigada humano, mas esse sentimento não deve ocultar a importância do poder de previsão. Uma obsessão com a compreensão atrai pesquisadores potenciais longe da ciência, eo desejo de explicar faz os cientistas relutam em aceitar o critério de Popper previsibilidade como a demarcação entre ciência e não ciência. Em vez de confrontar científica defeitos, educadores freqüentemente disfarçá-los com palavras de explicação e um sentido de compreensão. Isso preserva o *status quo* social e serenidade, mas confunde o avanço da ciência, porque ela obscurece os problemas que os cientistas devem resolver.

Doutrinação paradigmática. Uma estratégia comum para o ensino é para doutrinar os alunos a pensar e agir como seus professores. Este é o ponto onde ensinamos como a "intenção profissionais" (Barzun, 1964) e onde os estudantes são introduzidos aos paradigmas dominante da ciência normal (Kuhn 1962). Os professores sabem que os futuros pesquisadores não vive ou trabalha em um vácuo. Os aspirantes a cientistas deve ser reconhecida pelos líderes no campo e pelos seus pares, ou eles nunca terão a oportunidade de praticar a ciência. Como na arte ou em qualquer campo criativo, um aspirante a inovação deve jogar pelas regras que regem a comunidade. inovadores científicos devem abordar as questões que são de interesse para a comunidade, eles devem planejar seus experimentos de maneira apropriada, e eles devem analisar os dados através de métodos aceitos, mesmo que isso signifique ir a extremos, como a aplicação de testes estatísticos avançados onde não é necessário. Cientistas jovens deve publicar em revistas aceitos, mesmo que estes são lidos apenas por um punhado de profissionais, e eles devem escrever no estilo aceitos, mesmo que esse estilo é pomposo, maçante e quase incompreensível. os cientistas da Nova deve ser doutrinado para fazer todas essas coisas ou o seu trabalho não receberá um julgamento justo.

Se queremos que nossos alunos para o sucesso na ciência, parte de nosso esforço deve ser para ensiná-los a se conformar. No entanto, conforme sustenta o perigo de estagnação. Quando uma disciplina não pode mais atender às novas exigências colocadas pela sociedade e pelos seus membros, o campo está em crise. Novas soluções e abordagens fora do normal paradigmas são procuradas e, eventualmente, um novo paradigma pode ser encontrada para o tratamento de questões contemporâneas. ciência progressiva, portanto, as necessidades da revolução ocasionais (Kuhn 1962).

Acredito que a degradação ambiental revelou a insuficiência da teoria ecológica tradicional. Ecologia precisa de uma revolução, mas os processos de avaliação crítica e radicalização que antecedem a

revolução estão frustrados com a doutrinação em paradigmas contemporâneos ecológica. No final da sua educação, muitos alunos simplesmente aceitar os fundamentos de sua ciência, e os únicos problemas que podem encontrar para estudar são elaborações menores de paradigmas atuais. Nós ensinamos as pessoas a serem cientistas normais, mas podemos precisar de uma revolução para enfrentar os desafios da ecologia contemporânea.

descrição de Disciplina. Uma descrição dos resultados na disciplina é uma parte de todas as estratégias: teoria de ensino, desenvolver o entendimento, inculcando paradigmas, ou promover a revolução. No entanto, a teoria é apenas uma parte da descrição e na ecologia geralmente parte de um menor. cursos de nível superior ainda podem descrever a ciência contemporânea como um conjunto de conceitos incontestáveis, verdades lógicas, e os fatos de direito como. Os alunos são encorajados a acreditar que, ao invés de questionar o corpus da ciência. Como resultado, até mesmo estudantes e sênior estudantes vêem a ciência como praticamente concluído e, conseqüentemente, desinteressante. Para a ciência, convertido contemporânea parece improvável que mude.

Uma Avaliação do Ensino de Biologia e Ecologia

Para resumir o capítulo a este ponto, eu sugeri que os professores devem se esforçar para preparar os estudantes para as carreiras, para preparar os técnicos para o estado, e de infectar algumas mentes jovens, com a paixão pela ciência. Se estamos fazendo bem nosso trabalho, alunos de graduação com licenciatura devem ser fluentes no uso de um corpo de teoria e método científico, e devem estar confiantes em sua capacidade de aprender mais habilidades e teorias. Aqueles que vão para a investigação precisa desses mesmos atributos, mas eles também precisam de um apetite para o pensamento científico e de investigação.

Um exemplo simples pode mostrar o quão bem eu acho que estamos atingindo os objetivos práticos da educação superior na ciência. Recentemente, tive de contratar um técnico e meu anúncio atraiu cinco formandos do curso de graduação em biologia na universidade. Para selecionar entre eles, eu pensei de usar um teste para determinar se o requerente poderia seguir rotina de procedimentos analíticos. Pedi a cada candidato como ele ou ela iria preparar uma solução de um molar de cloreto de sódio e como elas se diluiria que o estoque de 0,1 M. Eu pensei que esta tarefa não representaria nenhuma dificuldade, porque os nossos estudantes devem preencher vários cursos de química, e os requerentes foram autorizados a utilizar os livros que desejavam. O que me surpreendeu não foi apenas que ninguém poderia responder às perguntas diretamente, mas que ninguém poderia descrever como eles poderiam ir sobre encontrar uma maneira de respondê-las. Aparentemente, eles não poderiam aplicar o que aprenderam e foram extremamente inseguro em suas habilidades que não poderia ensinar-se antigo ou novo material. Como eles vão enfrentar os desafios do mercado atual, muito menos do próximo milênio, onde passaria a maior parte de suas vidas?

Criação ou natureza. Se nossos alunos não são tão capazes quanto nós gostaríamos, podemos culpar sua genética (eles) ou seu ambiente (nós). A única abordagem fecunda é culpar nós mesmos.

A sociedade envia material para ser educado deve ser basicamente o som. Durante raros períodos históricos de conquistas intelectuais excepcionais, populações pequenas têm produzido muitos mestres e gênios mais do que os números por si só, sugerem possíveis. Basta comparar a arquitetura e escultura da Atenas de Péricles, a pintura do Renascimento italiano, a literatura da Inglaterra elizabetana, ou a música do século 19 na Alemanha com os produtos da nossa época. Estas sociedades continham apenas algumas dezenas de milhares de potenciais contribuintes, muitos dos quais viviam na pobreza, ignorância e miséria em relação a nós. No entanto, eles conseguiram muito mais do que o bem-alimentadas, milhões de desocupados que compõem a sociedade de massa contemporânea. Se não podemos ter sucesso na educação dos cientistas, é mais provável, porque nós, como sociedade, estragar o material que temos, porque temos que receber o material estragado.

Mesmo algumas horas com uma pré-escola ou jardim de infância é suficiente para mostrar que as

crianças mais jovens têm inteligência suficiente e inteligência. Mesmo depois, quando as escolas têm feito o seu pior, continuam a prestar os alunos superior ao das universidades. Por exemplo, Harmon (1961) analisaram o ensino secundário QI de eventuais vencedores dos graus de doutoramento em diferentes áreas (Tabela 13), como revelado pelo Exército dos EUA Classificação Geral Test (AGCT) pontos. Estes resultados mostram que podemos ser elitistas em pensar a educação.

Ambas as linhas de evidência, o potencial inexplorado da humanidade em geral ea inteligência demonstrada de nossos alunos, implica que o fracasso de uma educação científica é mais provável que ser institucional. Alto QI e capacidade nativa não são suficientes. Na verdade, a maioria dos nossos doutorados em ciência não conseguem em sua disciplina. De Solla Price (1986) mostrou que de todos os colaboradores para um campo em um determinado ano, um quinto nunca publicar novamente na mesma área e um terceiro ainda não publique novamente em qualquer campo. Mais da metade dos contribuintes para uma ciência fazê-lo apenas uma vez e depois abandoná-lo. Apenas um quinto dos contribuintes se o núcleo inicial de pesquisadores que são os maiores contribuintes para a ciência, a longo prazo. Nós não estamos usando nosso material também.

O problema com os livros-textos. Se os biólogos estão incertos sobre a natureza da ciência, não se pode esperar que os alunos efetivamente direta. Esta incerteza é ecoado na descrição sumária da natureza da ciência em livros didáticos oferecidos introdutória (Capítulo I), mas também é aparente no corpo dos livros didáticos, em cursos e monografias em mais avançados. Quando os professores são incertos sobre o campo, eles são improváveis para entregar mensagens claras sobre o que é importante para seus alunos.

Tabela 13. Escores de QI obtidos em testes com estudantes de ensino médio que posteriormente obtiveram título de doutor em diferentes áreas (Harmon 1961).

Disciplina	QI
Física	140
Matemática	138
Engenharia	135
Geologia	133
Artes & Humanidades	132
Química	132
Biologia	126
Educação	123

A prova da incerteza dos professores sobre o que é importante pode ser visto na confusão imensa de informações que tipifica textos contemporâneos. A maioria dos livros de introdução à biologia ou ecologia são empresas grandes que se estendem por centenas de páginas de grandes dimensões. Mesmo os textos vasta logo revelar-se insuficiente para conter todas as nossas descobertas importantes tão novo, as edições ainda maiores aparecem em intervalos regulares (Tabela 14).

Nenhum professor pode seriamente pensar que os alunos irão absorver mais do que uma pequena fração deste material. Os textos, portanto, não pode ensinar, e eles são pouco autoritário suficiente para ser obras de referência. Eles servem principalmente como amostras do pensamento biológico, proporcionando um local para a maioria das grandes correntes da disciplina. Editores aprovar esse formato porque tal texto provavelmente toque nos interesses especiais dos professores que selecionam os textos. A teacher, reconhecendo a impossibilidade de ensinar a todos da biologia contemporânea (ou ecologia ou limnologia), pode amenizar a inevitável sensação de inadequação com o pensamento de que o assunto é tratado em algum lugar do texto. Os estudantes interessados

podem sempre procurar o t3pico l3, mas a indigestibilidade do material deve desencorajar todos, mas o mais dedicado (ou insens3veis).

Tabela 14. O crescimento dos livros de ecologia e biologia (medida pelo n3mero de p3ginas, n), com sucessivas edi33es (como indicado pelo ano dos direitos autorais, a). Os tamanhos de p3gina t3m tamb3m tendem a aumentar nas pr3ximas edi33es, por isso esta tabela sub-representa um crescimento no cont3udo destes textos. Os nomes s3o de responsabilidade dos autores. Edi33es foram selecionadas de acordo com a disponibilidade no sistema de bibliotecas da McGill University.

Biology texts							
H. Curtis	a	1968	1979	1983	1989		
	n	854	1043	1159	1192		
W. T. Keeton	a	1967	1972	1980	1986		
	n	955	888	1080	1175		
C. A. Villet	a	1960	1962	1972	1977	1985	1989
	n	615	625	915	980	1206	1412
P. B. Weisz	a	1959	1963	1967	1971	1982	
	n	796	786	886	656	1009	
Ecology texts							
C. E. Krebs	a	1972	1978	1985			
	n	694	678	800			
E. P. Odum	a	1953	1959	1971			
	n	384	546	574			
E. R. Pianka	a	1973	1978	1983	1988		
	n	356	397	416	468		
R. Ricklefs	a	1973	1979	1990			
	n	861	966	896			

Textos n3o tem que ser t3o abrangente. A melhor vis3o que eu j3 li da biologia contempor3nea, em seguida, foi o pensamento da biologia, um livro de bolso menos de 200 p3ginas (Bonner, 1962). T. H. Huxley (1880) desenvolveu um texto de biologia que lida apenas com um 3nico modelo animal, as lagostas. Ambos os autores conseguiram porque ignoravam o imperativo de apresentar tudo, e escolheu para apresentar suas id3ias com clareza e efic3cia com exemplos altamente selecionados. O estudante pode ent3o usar essas id3ias para organizar outros fatos e outras teorias. livros contempor3neos podem come3ar com objectivos semelhantes, mas eles tornam-se desordenados por uma aparentemente inevit3vel acr3scimo de detalhe biol3gico. Cada nova edi33o se torna mais inchado como os autores adicionar informa33es para refor3ar e ilustrar a sua concep33o original da ci3ncia (Tabela 14). Infelizmente, o resultado obscurece essa concep33o. O segredo do grande ensinamento est3 tanto no que 3 deixado de fora, como o que 3 deixado dentro.

O problema com os cursos. Os textos inchados s3o apenas indicadores de confus3o dos professores sobre a biologia. O mesmo processo ocorre na concep33o dos cursos universit3rios, como eu posso ilustrar com um exemplo pessoal.

Alguns anos atrás, o governo de Ontário decidiu que o curso de biologia presentes alunos do ensino secundário era antiquado e que tinha que ser modernizados para poder ser interessante aos estudantes de hoje em dia. Uma comissão foi formada e uma série de zoólogos foram convidados a apresentar ideias. Nós conversamos e defendeu durante toda a noite. Finalmente, um bom amigo meu anunciou que tinha a solução e começou a traçar um novo rumo. outros membros da comissão acrescentou que o material era muito caro para seus corações, e, eventualmente, um novo curso de biologia foi desenvolvido. Esta é uma ontogenia bastante típico para um curso introdutório, e eu suspeito que tenha sido repetida muitas vezes nas duas escolas secundárias e universidades. No entanto, o produto final foi uma receita para o desastre.

O "novo rumo" meu amigo ajudou a projetar para os alunos do ensino médio foi realmente o curso era em seguida, dando aos estudantes universitários do primeiro ano. Ao propor que um curso universitário ser oferecido aos estudantes do ensino médio, ele ignorou o fato de que estudantes universitários tinham apenas 18 horas de aula por semana, por isso eles tiveram muito mais tempo para pensar sobre o assunto que os alunos de passar quase 30 horas por semana na escola secundária. Além disso, ele ignorou a realidade de que um professor universitário pode ter apenas 5 horas de contato por semana, enquanto os colegas na escola secundária tinha 25. Além disso, meu amigo era um biólogo altamente treinados e brilhante, que mais tarde tornou-se presidente de uma grande universidade. Esta combinação de capacidade nativa, formação profissional, e reduziu carga horária deveria ter lhe proporcionou um maior sucesso no seu curso do que seria razoável esperar do professor de ensino médio de alta.

A real situação era ainda pior. Como os dois de nós estavam a trabalhar muito de perto, eu assisti muitas de suas palestras, e eu descobri que ele tinha várias vezes sérias dificuldades compreender alguns dos conceitos que ele estava tentando ensinar. Portanto, o novo curso começou com um assunto que um bom professor achou difícil, mas o curso quase certamente ser ensinado por professores menos competentes para estudantes mais aflitos. Eu acho extremamente improvável que a maioria dos alunos que acham que esse curso iria despertar seu interesse pela ciência.

Minha moral é que não podemos ensinar tudo. Não é muito para um curso ou uma carreira. Em vez disso, devemos usar um conjunto limitado de materiais e exemplos para mostrar aos nossos alunos a aprender e como ensinar a si próprios.

Repercussões para a formação na pós-graduação. Não surpreendentemente, a falta de foco que caracteriza os textos cursos de graduação e reaparece nas propostas de investigação que os alunos fazem pouco depois de entrar na escola de pós-graduação, e nas teses que eles escrevem no final da sua educação formal. Os alunos que não são treinadas para estimar a teoria científica são menos capazes de formular hipóteses testáveis para a sua própria investigação. Demasiadas vezes, os alunos partiram "para avaliar o impacto" de alguma perturbação ", para determinar a importância" de algum processo, "para compreender o papel" de algum organismo ou "lançar luz" sobre um fenômeno. Essas generalizações enoveladas fornecem pouca orientação e transmitir um significado pouco. Eles escondem a sua indisponibilidade para especificar que variáveis serão medidas e respostas que são esperadas. Eles mostram que não se tenha pensado sobre o que se pode e deve fazer como um cientista.

O desafio para os estudantes de pós-graduação é, portanto, elevar-se acima das generalidades do ensino de graduação, identificando um objetivo muito mais específica e imediata para a pesquisa de pós-graduação dentro de um contexto mais amplo, como um passo inicial para uma meta de longo prazo. Esse processo exige que as generalidades é substituído com hipóteses altamente simplificada sobre as relações entre as variáveis operacionalmente definidas. Contudo, não é suficiente para que uma previsão é feita sobre alguns fenômenos, as relações e as previsões devem também ser cientificamente ou socialmente relevantes.

Tão pouco é conhecido sobre tanta coisa que nunca deve haver uma escassez de bons projetos científicos. Se não parece ser, é porque os estudantes estão mal preparados para o processo de formulação de hipóteses e testes. A loja de bom exemplos paradigmáticos é baixa, as implicações testáveis da ciência que conheço são poucos, e seu ensino de graduação, o antídoto para uma experiência insatisfatória de graduação, é fraco.

Alunos de graduação em ecologia muito raramente reconhecem a futilidade de uma ciência que não podemos prever. Sua longa experiência com os não-científica "explicação" esmagou a curiosidade dúvida e frustração com a ignorância que deve dar um impulso para a ciência. Eles vêem como sua tarefa o desenvolvimento das explicações discursivas para um conjunto de observações aceitas. Em vez disso, deve identificar uma hipótese de que poderia ter previsto as observações e se propõe a testar as suas previsões. Outros assumem relações causais na natureza e partiu para provar a validade de seus pressupostos, em vez de testar o que prevê a relação. Ainda outras coisas estudar simplesmente porque foram previamente descritas. Não admira Ph.D. se após cinco anos de estudo introspectivo, projetos, muitas vezes sem saída, o graduado deixa o campo.

Uma lição da literatura. O problema de tentar fazer muita coisa não se limita à educação formal. Alguns anos atrás, tive a oportunidade de ler Alfred North Whitehead. Achei uma experiência de humildade. Como muitos grandes pensadores, Whitehead havia registrado um número muito grande de idéias interessantes. Não houve necessidade de as idéias de ser correto, e porque as idéias corretas são muito raros, a maioria deles não foram. No entanto, grandes intelectuais, como Whitehead, são pessoas arrogantes (caso contrário não teria a confiança necessária para gastar tempo escrevendo tanto), então eles produzem um grande volume de escritos. Para fazer justiça a este material levaria anos de estudo, e por isso quase todos os leitores são inadequados para a tarefa que lhes são colocadas pelos principais intelectuais do mundo.

A culpa não é com o leitor ocupado sozinho. Grandes escritores escreveram demais. A mesma idéia pode ser açoitado em formas diferentes em dezenas de livros. Padding aparece em toda parte. O grande pensador pode desenvolver um estilo literário que é, por vezes extraordinariamente bom, mas em outros momentos obscuros. E o leitor, intimidada pelo escritor e pela obscuridade, estilo e quantidade do material, é simplesmente incapaz de separar as partes úteis. Consequentemente, a leitura torna-se superficial, as obras são rotulados instigantes (embora raramente há tempo para perseguir os pensamentos provocado), espalha a fama de escritor, e mais, comuns mortais se sentem compelidos a ler as obras do grande homem. Até mesmo o escritor pode ser enganado e se sentir estimulados a ampliar seu campo. Por exemplo, embora eu tenha ficado impressionado com o trabalho anterior de Whitehead, eu encontrar o seu mais tarde, mais popular, os escritos filosóficos de ser quase tão sem sentido quanto a ser incompreensível. Eventualmente, mesmo Whitehead excedido sua capacidade.

Isto levanta um problema. Quanto tempo deve o candidato a leitor dedicar ao trabalho de um homem como Whitehead? Um ano certamente seria muito pouco, ainda há muitos outros que merecem estudo. Qual é o cientista ocupado ou estudante que fazer? A única resposta deve ser o uso de professores que possam interpretar o trabalho para outros profissionais, como Magee (1973) e Pera (1980) interpretaram Popper. A ciência exige professores incisivos em todos os níveis.