

# **A lógica da Engenharia Reversa aplicada ao ensino das ciências**

## **The logic of Reverse Engineering applied to science teaching**

**Marco Aurélio Nicolato Peixoto**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais  
marco.peixoto@ifmg.edu.br

**Ierecê Barbosa**

Universidade do Estado do Amazonas  
ierecebarbosa@yahoo.com.br

### **Resumo**

Este trabalho pretende apresentar uma epistemologia/metodologia para o ensino das ciências, baseada no conceito de engenharia reversa. O método de pesquisa contou com entrevistas, observação participante, aplicação de provas para se testar concretamente os conhecimentos adquiridos. Os resultados indicaram que os estudantes submetidos ao processo de engenharia reversa mostravam-se mais motivados e apresentaram um resultado melhor nas provas. No entanto, este método demanda grande esforço por parte do professor, que não encontra nos materiais didáticos convencionais uma sequência de que possa se valer e precisa, em acréscimo, construir cada conceito oriundo da investigação coletiva do fenômeno. Por fim, conclui-se que a engenharia reversa para o ensino pode configurar uma concepção epistemológica/metodológica, profícua para a educação, em cujo cunho prospectivo e investigativo está uma condição que instiga os estudantes e estimula a aprendizagem.

**Palavras chave:** didática, engenharia reversa, ensino, metodologia do ensino, epistemologia.

### **Abstract**

This work intends to present a epistemology/methodology for the teaching of science, based on the concept of reverse engineering. This methodology is based on interviews, participant observation, and tests to assess practically the acquired knowledge. The results indicate that students submitted to the reverse engineering process appeared to be more motivated and had better performance in tests. However, this method demands great effort from the teacher, who cannot find usable sequences in conventional teaching materials, and needs, in addition, to build every concept arising from the collective research of the phenomenon. Finally, it is concluded that reverse engineering in teaching may constitute an epistemological/methodological procedure, profitable in the scope of education, with a prospective and investigative nature that instigates the students.

**Key words:** didactics, reverse engineering, teaching, methodology of teaching, epistemology.

## Introdução

Este trabalho visa apresentar a Engenharia Reversa como epistemologia/metodologia para o ensino da ciência. Esta metodologia consiste em tratar os temas científicos de interesse, como o metabolismo energético dos seres vivos e formação de moléculas biologicamente ativas, mediante a utilização da engenharia reversa como orientação didática e metodológica para o ensino.

O conceito de Engenharia Reversa propõe um aprofundamento

[...] nos detalhes, abordando as propriedades, a origem dos fenômenos, métodos de fabricação e suas relações com as características dos sistemas e dispositivos estudados. Consiste em usar a criatividade para, a partir de uma solução pronta, retirar todos os possíveis conceitos novos ali empregados. É o processo de análise de um artefato (um aparelho, um componente elétrico, um programa de computador etc) e dos detalhes de seu funcionamento, geralmente com a intenção de construir um novo aparelho ou programa que faça a mesma coisa, sem realmente copiar alguma coisa do original (RAMOS *et al.*, 2010, p.4).

Trata-se de uma lógica extremamente utilizada em softwares como o indicado nas dissertações de Feltrim (1999) e de Flores (2005) e pode apresentar várias técnicas e métodos de aplicação bastante direcionadas como o descrito para ferramentas CASE de computação e relatadas amiúde na dissertação de Martins, sendo que, segundo ele,

o processo de Engenharia Reversa, não é considerado uma tarefa muito simples, exigindo um alto custo benefício (pessoa / tempo) para a realização da mesma. Isso acontece, devido ao grande volume de informações inseridas no processo de revitalização do sistema que está sendo analisado, onde a complexidade maior está em manter a coerência dos relacionamentos juntamente com as suas respectivas informações (regras de negócio) contidas no sistema legado para o novo sistema (MARTINS, 2006, p. 12).

Para a efetivação da conservação de um sistema, de acordo com Schneidewind (1987), é necessária a consolidação de três etapas basilares, ou seja, o entendimento, a modificação e a revalidação do sistema, estando o entendimento e a modificação ligadas diretamente com a disponibilidade das informações contidas no software. Acerca do código de manutenção dos sistemas duas características dominam o trabalho: A- restructuring em que ocorre “description of the structured system, unstructured code can be convert to a structured format” e B- recovering the design with abstract specifications, na qual se configuram os passos “inspect the code, propose a set of abstractions, choose the most suitable set of abstractions, construct a specification from the abstractions” (SCHNEIDEWIND, 1987, p.308). Este sistema defendido por ele é ajustado para a finalidade primeira a que ele se destinou e na qual existe uma significativa condição de representação e atribuições simbólicas. Em relação a educação científica alguns desses passos podem servir de inspiração, no entanto, para o ensino, a principal contribuição reside na condição lógica (“trás para frente”) que dá nome a técnica em que os fenômenos científicos são investigados.

No que tange ao Ensino das Ciências, Campanário *et al.*(1998), define seis tendências a saber: **a-aprendizagem por descoberta** - aquela na qual, a medida que o estudante lida diretamente com o fenômeno a ser estudado vai sendo responsável por sua própria aprendizagem; **b-baseado no uso de problemas**, que consiste em organizar logicamente os desafios propostos como coleções articuladas de problemas, e o estudante deve analisar casos em torno dos conhecimentos científicos que serão discutidos, considerando a natureza do problema e os conceitos subjacentes; **c-de mudança conceitual como ponto de partida para as ideias construtivistas**, que tira proveito da insatisfação, das possibilidades e do grau de

clareza das ideias prévias dos discentes, como ponto de partida para novas concepções; d- **tendência metacognitiva**, aquela que entende o conhecimento que se tem sobre os próprios processos, produtos cognitivos ou sobre qualquer coisa relacionada a eles, ou seja, as propriedades da informação e os dados relevantes para a aprendizagem; e- **de aprendizagem em ciências como um processo de investigação dirigida**, que se caracteriza pela proposição intencional de pequenas indagações feitas pelo docente, que simulam os trabalhos de uma determinada área, com situações de ensino que levam à aquisição de conceitos já construídos pelos especialistas durante a sua trajetória de pesquisa; f- **projeto de unidades didáticas**, em que o trabalho será orientado a partir de unidades de ensino que se agruparão como unidades didáticas, as quais deverão ser organizadas, levando-se em conta a análise científica e pedagógica dos conteúdos a serem trabalhados.

Embora essa “tecnologia” para o ensino das ciências, proposta neste trabalho, possua um pouco de todas essas tendências, temos que ela não se enquadra perfeitamente nessas concepções, adquirindo uma conformação peculiar de metodologia de ensino, pelo fato de possuir uma lógica de ação invertida, o que inviabiliza a própria organização na qual se assentam essas tendências para o ensino.

## Metodologia

A observação participante e o conjunto de informações colhidas durante muitos anos de magistério em salas de ensino das ciências, de diferentes níveis, sobre temas estudados na Biologia, nortearam a escolha da metodologia de pesquisa adotada para este trabalho.

Isto sopesando que “a observação, ao mesmo tempo em que permite a coleta de dados de determinadas situações, envolve a percepção sensorial do observador, distinguindo-se, enquanto prática científica, da observação da rotina diária” (MARTINS, 2008, p. 23-24) e se torna importante recurso de pesquisa, quando “o outro se transforma em uma convivência e a relação obriga que o pesquisador participe de sua vida, de sua cultura” e “a relação obriga que o pesquisador participe de sua história” (BRANDÃO, 1999, p.12). As observações obedeceram a um roteiro previamente estabelecido e se desenvolveram mediante interação e empatia com os estudantes. Os dados observados, registrados em um diário de campo, destacavam três aspectos principais: a) a inserção de temas em biologia que se pretendia discutir e a verificação dos conhecimentos; b) o registro das perguntas e níveis de dificuldades manifestados, paulatina e recorrentemente ao longo das explicações, c) o registro dos conhecimentos finais, sentimentos/sensações, comentários apresentados após o conjunto de procedimentos metodológicos empregados para o ensino. A pesquisa teve a duração de aproximadamente um ano e meio sendo realizada em duas unidades distintas, mas que compartilhavam a mesma realidade dos Institutos Federais, sendo uma delas no Sul de Minas Gerais e a outra no Leste de Minas Gerais. Assim sendo, dois grupos foram pesquisados, um deles utilizou a maneira mais usual de ensino, seguindo o roteiro proposto pelos livros didáticos, enquanto o outro grupo, utilizava a engenharia reversa como elemento norteador das ações pedagógicas.

Foram usadas as técnicas de entrevistas semiestruturadas, enquanto “técnica de pesquisa para a coleta de dados, cujo objetivo básico é entender, compreender o significado que os entrevistados atribuem a questões e situações [...]” (MARTINS, 2008, p.27), e a aplicação de provas avaliativas de cunho aberto e fechado, a fim de gerar resultados capazes de sustentar a percepção acerca do tema pesquisado, ou seja, a utilização da engenharia reversa como método de ensino da ciência.

A pesquisa se iniciou em fevereiro de 2015 e findou em julho de 2016. Contou com a participação de jovens, cuja idade média era de 16-17 anos, pois se tratavam de turmas do

primeiro ano do ensino médio, com duas aulas de biologia por semana, perfazendo 9 turmas (aproximadamente 400 alunos), de ambos os sexos, que estudavam no período diurno e em sua grande maioria, apenas estudavam. Essas turmas correspondiam a totalidade de turmas/estudantes passíveis desse estudo e que possuíam por instrutor apenas o pesquisador, de maneira que não foram submetidas a outro professor, o que mantém preservado o universo de estudo, no que tange as mesmas condições de ensino para todos os conjuntos pesquisados. A abordagem do tema foi realizada em sala de aula, não tendo sido utilizados laboratórios ou outros recursos mais sofisticados, de forma também a preservar as mesmas condições de aprendizagem que se limitavam aos usados pelo professor em sala de aula. Isto objetivando eliminar com este procedimento outros fatores que também podem fazer diferença na assimilação discente como, por exemplo, o uso de laboratórios e excursões (espaços não formais), submetendo os estudantes a uma condição parelha em termos de recursos utilizados.

Das 9 turmas, temos que 3 foram submetidas a um ensino a que se cognominou, para facilitar a identificação do universo pesquisado, de “ensino regular”. As outras 6 turmas foram passíveis do trabalho denominado como “engenharia reversa para o ensino”. É bom destacar que estes dois termos estão sendo utilizados unicamente para facilitar a identificação dos dois grupos pesquisados, principalmente no que tange aos resultados, sem entrar no mérito, principalmente do que venha a significar o termo “ensino regular”.

Para o objetivo proposto dentre os vários temas possíveis de serem explorados em biologia, tais como a geração de energia, osmose-difusão, hormônios e muitos outros, foi escolhido como tema de pesquisa a formação das proteínas, por entender que esta molécula, além de apresentar capital importância para o funcionamento do corpo, possui uma forma de fabricação intrincada e *sui generis*, essencial no ensino deste conteúdo. Ressalta-se que o pesquisador além de dar aulas para jovens, também trabalhou com a formação de professores em biologia e em outras áreas de atuação profissional, na disciplina Bioquímica. Portanto, possui conhecimento em relação às dificuldades que envolvem o próprio tema, como também os relativos à formação dos professores e estudantes, sejam eles futuros professores ou estudantes de Ensino Médio.

Ocorre que existe uma “mecânica intrincada” para a produção da proteína, a qual compreende uma complexa sequência de eventos de biologia molecular, que culmina com a produção da proteína específica como um produto acabado que a célula necessita formar. Esse estudo pelos estudantes abrange vários capítulos do livro didático como o núcleo celular, síntese de proteínas e ação gênica. Não é difícil perceber que os discentes quando chegam à compreensão do fenômeno em si, já não se interessam por ele, uma vez que o mesmo se apresenta entremeadado por tanto esforço, notas e cobranças. Da mesma forma, quando se pergunta acerca de algo intermediário para a ocorrência do fenômeno, muitas vezes já se esqueceram ou fizeram questão de esquecer, pois era parte de outro bimestre.

As respostas e reações dos alunos eram cuidadosamente anotadas em um caderno de campo que sempre acompanhava o pesquisador.

Cada trabalho de Engenharia Reversa exige uma metodologia específica como demonstrado na dissertação de Penteadó (1996, p.83) para o ambiente StatSim.

Para a pesquisa que está sendo descrita neste trabalho foram implementados os seguintes passos à guisa de metodologia empregada:

- a) Apresentação do fenômeno através de filmes, jornais, artigos e revistas. Este procedimento visa a identificação da existência da molécula de proteína como algo planejado e distinto na natureza.
- b) Observação de rótulos de alimentos e de programas na Internet, com orientação aos alunos, para perceberem que as proteínas são macro moléculas específicas formadas por aminoácidos. Visualização de que existem diferentes tipos de aminoácidos.

- c) Desenho de uma molécula de aminoácido e discussão acerca do que distingue esta molécula de outros nutrientes como carboidratos e lipídios.
- d) Demonstração da ligação específica que interliga os aminoácidos para a formação da proteína.
- e) Apresentação das moléculas RNA<sub>m</sub>, RNA<sub>r</sub>, RNA<sub>t</sub> usando como analogia o sistema de engrenagens de uma máquina.
- f) Demonstração do funcionamento biológico dos RNAs na configuração das proteínas, através de encenação teatral de forma interativa com os estudantes.
- g) Através de questionamentos que surgiam logicamente, estabeleceu-se a instigação/instrução acerca do surgimento das moléculas de RNA.
- h) Utilização de vídeos sobre o núcleo celular para explicar acerca dos genes e do surgimento do RNA<sub>m</sub>.
- i) Abertura de espaço para explanações dos estudantes, com palavras próprias, acerca desse procedimento; confecção-execução e correção de exercícios.
- j) Aplicação de provas, correção e discussão sobre os conceitos contidos nas provas e as repostas empreendidas pelos estudantes.

Quanto a aplicação de provas mais formais, seguiu-se o critério de se usar provas já testadas em vestibulares, a fim de garantir o nível das provas e a imparcialidade em sua confecção.

## Resultados e discussões

Em relação a observação participante e seguindo o roteiro proposto em a) inserção de temas em biologia que se pretendia discutir e verificação dos conhecimentos, observou-se uma condição que variava desde o desconhecimento completo do tema, até uma postura de cautela e temor em relação ao mesmo. Esta “cautela” também foi registrada no item b), do roteiro (registro das perguntas e níveis de dificuldades manifestados paulatina e recorrentemente ao longo das explicações) e nas entrevistas. No item c) do roteiro (registro dos conhecimentos finais, sentimentos/sensações, comentários apresentados) destaque-se a seguinte observação: em diversos momentos em que o professor buscava uma conclusão/compreensão de algo que se queria ensinar ou explicar, entre os questionamentos apresentados pelos alunos, um se destacava por sua ruptura total com a compreensão efetiva almejada. Era a pergunta, “isso cai na prova”?! À essa pergunta, rompia-se toda a lógica estabelecida até então. Era como se os estudantes despertassem para uma realidade escolar baseada apenas em notas, alterando a condição de atenção desinteressada.

Ao desconfiarem que o assunto seria alvo de cobrança em prova, não raro eles abandonavam suas observações e pensamentos, para investigar o docente, não para entender o assunto, mas para se fiar nas “falas/gestos do professor”, a fim de repeti-las em uma situação de prova e “tirar a nota total”, o que passava a ser o objetivo principal de atenção por parte dos discentes. Essa postura distanciava os estudantes do objeto de estudo em si, para aproximá-los do professor, que curiosamente se tornava, a partir daí, o objeto de interesse, unicamente com o fim de captarem algo que pudesse significar melhor pontuação em prova. Isso, independente de todo um trabalho/esforço no sentido de mostrar que sucesso em provas/notas seria uma “consequência” do estudo bem feito, e não a “causa” principal do estudo. Tal fato foi observado em ambos os universos pesquisados, independente da metodologia de ensino empregada. Esta situação suscita questionamentos acerca de procedimentos avaliativos utilizados, e constitui uma seara não objetivada neste trabalho, mas que pode ser alvo de discussões futuras.

Ainda relativo ao item c, do roteiro de observação participante (conhecimentos finais, sentimentos/sensações), chamou a atenção uma dicotomia acerca dos universos pesquisados, ou seja, à medida que o tema biológico avançava no estudo das turmas ditas “de ensino regular”, os temas anteriores eram paulatinamente esquecidos. Na verdade, os estudantes faziam questão de frisar que este ou aquele assunto “era passado”, já havia sido cobrado em provas e evidenciou-se que a evocação de temas já abordados anteriormente nas aulas gerava desconforto, na medida em que os estudantes temiam um aumento da carga de estudos. Percebeu-se então que muitos temas em biologia não haviam sido apreendidos, embora tenham sido ensinados de forma recorrente. Esse fato evidenciava a existência de lacunas de conhecimentos não assimilados que, cumulativamente, se faziam necessários para a continuidade da investigação em biologia. Isto porque a elucidação de cada etapa no “ensino regular” depende de compreensão/evocação de conhecimentos anteriores coisa que não estava ocorrendo. Outra percepção efetiva, registrada no diário de campo, foi a de que determinados conceitos, como a função dos ribossomos, por exemplo, eram muito mais difíceis de ser lembrados pelas turmas de ensino regular, uma vez que foram estudados em determinado capítulo específico, juntamente com outras 10 organelas. Contrariamente, o referido conceito passava a representar algo de fácil evocação e compreensão nas turmas em que foi empregada a engenharia reversa, por se tratar de um conceito menor, recorrente no ensinamento da formação da proteína. A formação da proteína, encontra-se associado diretamente ao conhecimento de que o ribossomo é o “palco efetivo” do encontro dos aminoácidos para a formação das proteínas na célula.

Foi constatada, também, a necessidade de uma disposição efetiva, “inclusive fisicamente”, por parte do professor, para ensinar o conteúdo usando a engenharia reversa, exigindo maior gasto de energia e a mobilização de recursos variados, como encenações, repetições e grande compartilhamento de ações docente/discente.

Destaca-se que nos livros, os pontos que uniam os conceitos estavam distantes, entremeados de páginas e páginas de escritos e desenhos, apresentando alvos dispersos e às vezes desconectados, para eles. Nas turmas regulares, os estudantes tinham dificuldade de unir, em sequência, as ações biológicas intermediárias até a consecução do grande objetivo, que era a formação da proteína. Por outro lado, nas turmas onde fora usada a engenharia reversa, os exercícios dos livros tornavam-se também incompletos, tendo em vista a necessidade de mais de uma aula para abordar o assunto, com conceitos específicos contidos em capítulos distintos e esparsos, conforme já dito. Esta condição obrigava o professor a confeccionar os exercícios que julgava relevantes para a consolidação dos conceitos, que eram trabalhados processualmente à medida que o ensinamento avançava. Essa situação não era evidenciada nas turmas em que a abordagem do conteúdo seguia em consonância com o material didático que possuíam, pois cada capítulo era individualmente trabalhado e exercitado, contando com a materialidade dos livros didáticos que possuíam e que podiam consultar, tanto em aulas, quanto em casa. Na engenharia reversa todos os conceitos tinham de ser formados em sala, com anotações nos cadernos e registros pelos discentes, mediante a interação entre o professor e alunos.

Para completar as investigações foram entrevistados estudantes de 9 turmas de Ensino Médio de um Instituto Federal, escolhidos aleatoriamente, perfazendo 30% do total de alunos. Foram escolhidos também 10 estudantes de Ensino Médio que repetiam a primeira série e que tinham acesso, agora, a uma forma de ensino diferente. Isto porque estes estudantes haviam estudado no ano anterior o conteúdo de biologia de acordo com a ordem concatenada no livro didático e este ano, sob o enfoque da engenharia reversa, introduzida por este professor pesquisador.

De um modo geral, as perguntas feitas foram: quais as impressões acerca do conteúdo abordado; como haviam se sentido em relação às aulas e a forma de ensino deste conteúdo e

se consideravam que, finalizado o assunto “dominavam a matéria”. Foi acrescentado para o grupo que repetia o ano o questionamento: você sentiu diferença significativa entre a maneira como a matéria foi ministrada este ano e no ano passado? Se sim, quais ou qual foram a(s) diferença(s) percebida(s)?

Em relação à primeira pergunta do questionário, quase a totalidade respondeu que achava aquele conteúdo muito difícil. Na segunda pergunta, prevaleceram respostas como “no início estava muito difícil, mas depois foi um desafio”, ou “nunca tinha visto essa matéria e fiquei assustado no início, depois fui me acostumando e agora já não tenho mais medo”. Na pergunta, se finalizado o assunto, o estudante se sentiu com o “domínio da matéria”, as respostas que prevaleceram foram de confiança, tipo, “vou tirar total nesse bimestre” ou “acho que domino a matéria, mas na biologia, nesse negócio de vestibular sempre tem muitas pegadinhas; vamos ver nas provas, né?!”. No grupo de estudantes que repetiam o ano, ao serem perguntados se percebiam uma diferença significativa entre a maneira como a matéria fora ministrada este ano, em relação ao ano passado e se positivo, quais as diferenças, foram respondidos: que “a matéria ficou mais fácil de se entender” ou “acho que este ano eu passo”. No entanto, muitos atribuíram a melhoria no entendimento a atuação mais efetiva do professor, e não conseguiram identificar nitidamente as diferenças metodológicas envolvidas, mas ao se insistir na pergunta sobre as impressões acerca “deste ano” em biologia, eles respondiam que agora sabiam mais a matéria, pois ela havia ficado mais objetiva. Vários deles responderam que o professor do ano anterior, em que foram reprovados “ficava ministrando aqueles conteúdos o ano todo[...]”. Essa percepção vem de encontro, diretamente, ao que foi descrito acerca do método regular de ensino, em que os conteúdos são ministrados separadamente, durante quase todo o ano letivo e possuem alta complexidade em si, condição que serve para isolar as conexões entre os conceitos e dificulta a visualização dos desdobramentos nos fenômenos biológicos, comprometendo o seu entendimento.

Os relatos deram conta de que o aprendizado foi mais efetivo e menos memorístico utilizando-se o método de Ensino da Engenharia Reversa. Isto porque temas antes decorados, como a função de ribossomos, o conceito e ação de uma proteína, estavam inseridos em um contexto maior do qual eram partes integrantes e subsidiárias. O conhecimento destas partes integrantes constituíam “ferramentas importantes” para se entender e discutir o “grande fenômeno” que o professor estava conduzindo ao entendimento. Diante disso, ao se perguntar sobre estruturas intermediárias, estas fazendo parte de um contexto maior já entendido, as repostas vinham prontamente e com facilidade.

Na medida em que o fenômeno era percebido como uma mecânica a ser engendrada, ocorria um aumento crescente da atenção por parte dos estudantes e, como as provas apresentavam desafios cada vez mais exigentes, eles se mostravam obstinados em empregar com acerto os conceitos “desmontados pela engenharia”, e em aplicá-los em situações nas quais eram testados nessas em avaliações objetivas acerca do conteúdo.

Entretanto, com relação às provas e testes avaliativos, em que os estudantes almejam tão somente as notas bimestrais, fugimos, neste trabalho, de apresentar a mesma lógica demonstrada por eles, ou seja, de que isto seria o principal em termos de resultados. Por esse motivo, deixamos de destacar porcentagens referentes à pontuação objetiva, buscando evitar que uma exposição estatística de “notas” viesse desfocar o objeto dessa pesquisa, que é o efeito da engenharia reversa para o ensino das ciências especificamente.

Assim sendo, temos que os resultados de provas parciais e bimestrais demonstraram que os estudantes submetidos à metodologia/epistemologia apresentada, além de obterem um rendimento melhor em termos de notas, tinham uma postura mais ativa, no sentido de que, uma vez entendido o “funcionamento” do fenômeno, eles **desejavam** ser desafiados, até mesmo nas provas, com a intenção de acertar tudo.

## Conclusão

Conclui-se que o método da engenharia reversa pode ser usado como um norteador epistemológico/metodológico também para o ensino. Consideramos que o uso desta epistemologia para o ensino, em que pese o seu ineditismo, pode resultar em ações profícuas, principalmente no que tange a metodologia de ensino a ser aplicada. Isto tendo em vista muitos temas acadêmicos, cuja recomposição envolve várias etapas que são mormente tratadas isoladamente na nossa organização atual de ensino.

Se realmente ficar comprovada a tese proposta e pesquisada neste artigo, restarão muitas outras tarefas a serem consubstanciadas, como o levantamento dos temas mais propícios, os recursos didáticos que podem integrar esta metodologia, a sua forma de inserção no material tradicional, como os livros, protocolo geral de abordagem e muitas outras questões.

Integram o eixo central da organização dos estudos biológicos, incluindo o tomado para a pesquisa, o conceito de evolução e seleção natural. No cerne do estudo biológico estão os pressupostos de aprimoramento e seleção que vão se dando ao longo do tempo. Neste sentido, podemos entender as etapas evolucionais como módulos constituídos e selecionados lentamente pelo processo de seleção da natureza, que vão se interagindo e se tornando cada vez mais complexos.

A engenharia reversa pode, assim, ser utilizada para o ensino, como uma alternativa excepcional para a compreensão de quais “tecnologias biológicas” foram vitoriosas no processo evolucionar e quais sofisticções biológicas permitiram a sua permanência em uma condição lenta e altamente seletiva imposta pela natureza. As estratégias biológicas para a eficiência e sobrevivência, ao serem elucidadas, poderão levar à percepção efetiva de quais soluções “deram certo” para os seres vivos, fundamentando uma série de abstrações que são imprescindíveis ao ensino, e a formação dos estudantes.

No entanto, não se trata de uma estratégia simples, pois usa uma lógica que não existe nos livros e na qual até mesmo os pequenos conceitos precisam ir se consolidando na mente dos estudantes, antes que novos possam ser formados. O “desmonte tecnológico” funciona como uma mecânica, na qual “as peças” precisam ser conhecidas, para irem se encaixando paulatinamente, na medida em que o fenômeno vai sendo investigado.

Ao se constatar a pertinência do tema abordado, delinea-se uma área profícua para o ensino, que demandará muitos outros estudos no sentido de se averiguar outros temas e situações científicas que poderão ser abordadas e organizadas, mediante esta “lógica” de se ensinar as ciências.

## Referências

BRANDÃO, C. R. (Org.). **Repensando a Pesquisa Participante**. São Paulo: Brasiliense, 1999.

CAMPANARIO, J. M.; CUERVA, J.; MOYA, A.; OTERO, J. C. La metacognición y el aprendizaje de las ciencias, en BANET, H.E.; y BUENO A. de Pro. (coords.) Investigación e innovación em la enseñanza de las ciencias.v.I, **Anais de lo V Congreso Internacional sobre Enseñanza de las Ciencias**, en Murcia, 1998.

FELTRIM, V. D. **Apoio à documentação de Engenharia Reversa de software por meio de hipertextos**. Instituto de ciências matemáticas e de computação da USP de São Carlos, 1999. Dissertação. 120 ps.



FLORES, N. H. R. **Engenharia Reversa de padrões em arquiteturas reutilizáveis.** Faculdade de engenharia da Universidade do Porto, Portugal, 2005. Dissertação. 140 ps.

LOCCI, A. M. **Metodologia de avaliação para aquisição de uma ferramenta de Engenharia Reversa.** Faculdade de Ciências Matemáticas, da Natureza e Tecnologia da Informação, da Universidade Metodista de Piracicaba - UNIMEP, 2006. Dissertação. 93 ps.

MARTINS, G. A. **Estudo de caso:** uma estratégia de pesquisa. São Paulo: Atlas, 2008.

PENTEADO, R. A. D. **Um método para Engenharia Reversa orientada a objetos.** Instituto de Física de São Carlos, 1996. Tese. 251p.

RAMOS, J. B.; FILHO, H. F.; FREIRE, M. V.; PERES, M. S. Experiências na área de engenharias e ciências aplicadas. **ComCiência**, nº 115, Campinas, 2010. Retirado do site: <<http://comciencia.scielo.br/pdf/cci/n115/a10n115.pdf>>. Acesso em: 05 mai. 2016.

SCHNEIDEWIND, N. F. The State of Software Maintenance. **IEEE Transon Software Engineering**, v.13, n.3, p. 303-310, 1987.