

Aprendizagem completamente dirigida *versus* aprendizagem minimamente dirigida: uma solução conciliatória

Completely guided learning versus minimally guided learning: a conciliatory solution

Nelson Pinheiro Coelho de Souza *, José Alexandre da Silva Valente

Escola de Aplicação da Universidade Federal do Pará, Belém, Pará, Brasil.

Resumo

Qual metodologia de ensino produz uma aprendizagem mais eficiente: a metodologia onde a aprendizagem é completamente dirigida ou a metodologia onde a aprendizagem é minimamente dirigida, tal como ocorre com o ensino construtivista? Iniciamos este artigo apresentando três argumentos contrários à aprendizagem minimamente dirigida. Demonstra-se, em seguida, que apesar desses três argumentos contrários a todo tipo de ensino no qual a aprendizagem seja minimamente dirigida, este tipo de ensino passa a ser, à medida que o estudante vai aumentando o seu nível de expertise, uma metodologia mais eficiente do que o ensino completamente dirigido. Este efeito é conhecido como Efeito Reverso da *Expertise*. Como este efeito explica o comprovado sucesso do uso da transição da “metodologia dos exemplos resolvidos” para a “metodologia da resolução de problemas”, propomos, também em razão deste efeito, que será igualmente benéfico, para a aprendizagem, a utilização de uma transição entre duas metodologias mais amplas: a transição gradual da aprendizagem completamente orientada para a aprendizagem minimamente orientada. A utilização desta transição gradual de metodologias, aqui proposta, possibilitará ao construtivismo realizar plenamente o seu potencial metodológico.

Palavras-chave: construtivismo; teoria da carga cognitiva; memória de trabalho; aprendizagem minimamente dirigida; efeito reverso da expertise.

Abstract

Which teaching methodology produces a more efficient learning: the teaching methodology in which learning is completely guided or the methodology in which learning is minimally guided, as occurs in constructivism? We begin this article by presenting three arguments against minimally guided learning. It is shown then that in spite of these three arguments against all kinds of teaching in which learning is minimally guided, this type of teaching becomes, as the student increases his level of expertise, a more efficient methodology than the completely guided teaching. This effect is known as the Expertise Reversal Effect. As this effect explains the proven successful use of the transition from the “worked out examples methodology” to the “problem solving methodology”, we propose, also due to this effect, that it will be equally beneficial for learning, to use a transition between two broader methodologies: the gradual transition from completely guided learning to minimally guided learning. The use of this gradual transition of methodologies proposed here will enable constructivism to fully realize its methodological potential.

Keyword: *constructivism; cognitive load theory; working memory; minimally guided learning; expertise reversal effect.*

1. Introdução

Qual ensino produz uma aprendizagem mais eficiente: o ensino no qual a aprendizagem é completamente dirigida, ou o ensino no qual a aprendizagem é minimamente dirigida? A questão do nível ideal de orientação na aprendizagem tem sido objeto de debates e controvérsias nos últimos anos (Ausubel, 1964; Craig, 1956; Kirschner, Sweller & Clark, 2006; Koedinger & Alevan, 2007; Mayer, 2004; Shulman & Keisler, 1966). Será possível uma solução conciliatória?

Em 2006, Kirschner et al. publicaram artigo intitulado: “Por que a orientação mínima durante o ensino não funciona: Uma análise do fracasso do Construtivismo, Aprendizagem por Descoberta, Aprendizagem Baseada em Problemas e Aprendizagem Através da Investigação”. Neste artigo, Kirschner et al. (2006) criticam a aprendizagem minimamente dirigida, ensino no qual o professor, ao invés de fornecer todas as informações essenciais aos alunos e de fazer o aluno praticar usando essas informações, retém todas ou algumas dessas informações essenciais e pretende que o aluno as construa por si mesmo. Segundo Kirschner et al. (2006) esta metodologia não produz uma aprendizagem eficiente:

“Meio século de pesquisas empíricas sobre esta questão tem proporcionado provas contundentes e inequívocas de que a orientação mínima durante a instrução é significativamente menos eficaz e eficiente do que a orientação especificamente concebida para dar suporte ao processamento cognitivo necessário para a aprendizagem” (Kirschner et al., 2006, p.76).

Neste artigo, Kirschner et al. (2006) citam a revisão da literatura feita por Mayer (2004), referente ao período de 1950 a 1980, na qual a Aprendizagem por descoberta (definida como não-dirigida) é comparada com formas dirigidas de ensino:

“a cada nova década desde a década de 50, sempre que estudos empíricos forneciam evidências sólidas de que a abordagem não-dirigida então utilizada não funcionava, uma abordagem semelhante aparecia com um nome diferente com o ciclo se repetindo. Cada novo grupo de advogados para as abordagens não-dirigidas parecia ou desconhecer ou estar desinteressado nas evidências anteriores de que as abordagens não-dirigidas não tinham sido validadas. Este padrão produziu a Aprendizagem por Descoberta, que deu lugar a Aprendizagem Experiencial, que deu lugar a Aprendizagem Baseada em Problemas e na Investigação, que deu lugar às técnicas construtivistas de ensino. Mayer (2004) conclui que o debate sobre a Aprendizagem por Descoberta tem se repetido muitas vezes na educação, mas toda a vez que isso ocorreu, as evidências favoreceram a abordagem dirigida para a aprendizagem” (Kirschner et al., 2006, p. 79).

Os construtivistas praticam a mesma “aprendizagem minimamente dirigida” que diversas pesquisas empíricas têm mostrado ser ineficiente. É precisamente esse aspecto das práticas construtivistas (aprendizagem minimamente dirigida) que analisaremos neste artigo. Iniciaremos analisando três argumentos contrários ao ensino minimamente orientado e favoráveis ao ensino completamente orientado. Os dois primeiros argumentos aqui analisados foram retirados do artigo em que Kirschner et al. (2006) desferem ataque a aprendizagem minimamente dirigida e, conseqüentemente às práticas construtivistas. Eis que nessas a aprendizagem também é minimamente dirigida.

Após a análise desses três argumentos contrários à aprendizagem minimamente dirigida, apresentamos exemplos de situações em que nem o ensino explícito nem o ensino construtivista são as metodologias ideais. A metodologia ideal é uma transição entre essas duas metodologias.

2. Primeiro argumento contrário à aprendizagem minimamente dirigida: das limitações da Memória de Trabalho

A Memória de Trabalho tem a função de armazenamento de curto prazo de informações e de controle executivo da cognição e do comportamento. A Memória de Trabalho tem limitações de capacidade e de duração:

“[...] quase toda informação armazenada na memória de trabalho é perdida dentro de 30 segundos se não for repetida e a capacidade da memória de trabalho é limitada a apenas um número muito pequeno de elementos. Este número é comumente estimado em aproximadamente sete, mas pode ser tão baixo quanto quatro, mais ou menos um” (Clark et al., 2012, p. 9).

A Teoria da Carga Cognitiva pressupõe que todo processamento consciente da informação ocorre em nossa limitada Memória de Trabalho e que, uma vez excedida a capacidade dessa, fica prejudicada a formação de esquemas na Memória de Trabalho e, conseqüentemente, o seu armazenamento na Memória de Longo Prazo. Assim, sempre que o esforço mental sobre a memória de trabalho for maior do que a sua capacidade, a aprendizagem ficará comprometida.

Como as limitações de capacidade e de duração de nossa Memória de Trabalho condicionam o modo como aprendemos, devem também condicionar o modo como ensinamos. Em razão dessas limitações, o tipo de ensino mais eficiente será aquele que buscar evitar a ultrapassagem desses limites.

Um ensino no qual a aprendizagem é minimamente dirigida, demanda um esforço mental que pode ultrapassar as limitações de capacidade e de duração da memória de trabalho prejudicando a aprendizagem. Para Clark, Kirschner & Sweller (2012), em razão dessas limitações, a instrução deve ser explícita e clara (argumento N^o 1).

Um exemplo de como a Memória de Trabalho pode ser sobrecarregada em práticas de um ensino minimamente orientado pode ser encontrado nas práticas envolvendo a resolução de problemas. A resolução de problemas implementada

no contexto de um ensino minimamente orientado é uma prática tipicamente utilizada no Ensino pela Investigação, Aprendizagem Baseada em Problemas, e por professores construtivistas. Vejamos como a resolução de problemas neste contexto pode resultar na sobrecarga da memória de trabalho:

“Resolver um problema requer a busca de uma solução, a qual deve ocorrer usando-se nossa limitada memória de trabalho. Se o aluno não possui os conceitos ou procedimentos relevantes na memória de longo prazo, então a única coisa a fazer é uma busca cega dos possíveis passos da solução que façam a ponte na lacuna entre o problema e a sua solução. Este processo coloca uma grande carga na capacidade da memória de trabalho porque o solucionador do problema tem que continuamente manter e processar o atual estado da resolução na memória de trabalho (i.e. Onde eu estou agora no processo de resolução do problema? Quão longe eu estou de achar uma solução?) juntamente com o estado meta (i.e. Para onde eu devo ir? Qual é a solução?), as relações entre o estado meta e o atual estado de resolução (i.e. Será este um bom passo em direção à solução do problema? Será que a minha ação me ajudou a ficar mais próximo de onde eu devo ir?), os passos da solução que poderiam reduzir ainda mais as diferenças entre os dois estados (i.e. qual deve ser o próximo passo? Será esse passo me colocará mais próximo da solução? Existe outra estratégia de resolução que eu possa usar que seja melhor?) e algum sub-objetivo que exista no meio do caminho” (Clark et al., 2012, p. 10).

Esta sobrecarga da Memória de Trabalho pode prejudicar a aprendizagem. Isto ocorre porque buscar a solução de um problema enquanto se tenta aprender o esquema subjacente representa uma dupla tarefa. Se a tarefa de buscar a solução sobrecarregar a memória de trabalho,

não restará capacidade na memória de trabalho e a tarefa de aprender o esquema subjacente ficará comprometida, ou seja, a busca pela solução do problema pode comprometer a própria aprendizagem (Sweller, 1988).

Para evitar a carga cognitiva (esforço mental imposto a memória de trabalho por uma determinada tarefa), associada à resolução de problemas, Sweller em sua Teoria da Carga Cognitiva propõe que os alunos aprendam estudando um grande número de exemplos resolvidos. Para alunos iniciantes em determinado assunto, isto é, para aqueles alunos que não dispõem daqueles conhecimentos prévios que são pré-requisitos à aprendizagem de um novo conhecimento, a aprendizagem através de exemplos resolvidos é superior à aprendizagem que ocorre quando os alunos buscam descobrir ou construir a solução de um problema. Esta superioridade, fartamente replicada experimentalmente desde 1985, foi denominada de Efeito do Exemplo Resolvido (Sweller, 1998). A confirmação experimental do Efeito do Exemplo Resolvido é para Sweller uma das provas da superioridade da aprendizagem completamente dirigida sobre a aprendizagem minimamente dirigida (Clark et al., 2012).

É oportuno destacar que Sweller, criador da Teoria da Carga Cognitiva, encontra-se em décimo lugar no ranking mundial dos autores com maior produtividade, isto é, com maior número de artigos publicados nas cinco melhores revistas de psicologia educacional do mundo, no período de 2003 a 2008, segundo pesquisa publicada em 2009 em artigo da revista *Contemporary Educational Psychology* (Jones, Fong, Torres, Yoo, Decker & Robson, 2009). Dada a importância de Sweller para a Psicologia da Educação, as críticas que como co-autor de Kirschner et al. 2006, desferiu às metodologias de ensino onde a aprendizagem é minimamente dirigida, suscitaram reações de importantes teóricos da Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP). Examinaremos apenas a réplica de Hmelo, Duncan & Chinn (2007) rebatendo as críticas de Kirschner et al. (2006).

Em sua réplica, eles discordam de Kirschner et al. (2006), quando estes, ao apresentarem exemplos de aprendizagem minimamente dirigida (a Aprendizagem por Descoberta é um dos exemplos), enquadraram nesta categoria a Aprendizagem

Baseada em Problemas.

Para Hmelo et al. (2007), o problema com a linha de pensamento de Kirschner et al. (2006) é que na metodologia da Aprendizagem Baseada em Problemas, os alunos são muito e não minimamente orientados - são auxiliados passo a passo como que amparados/guidados por um “andaimé”:

“Ao invés de ser contrária a muitos dos princípios da aprendizagem guiada discutidos por Sweller, tanto a ABP com a AI (Aprendizagem pela Investigação) empregam o auxílio passo a passo reduzindo assim a carga cognitiva e permitindo aos estudantes aprenderem em domínios complexos” (Hmelo et al., 2007, p. 99).

Percebe-se, no texto acima, que Hmelo et al. (2007) não atacam a Teoria da Carga Cognitiva, pelo contrário até utilizam a expressão “carga cognitiva” quando reconhecem a necessidade de que o ensino seja orientado para que a “carga cognitiva” seja reduzida permitindo aos estudantes aprenderem em domínios complexos. A insatisfação de Hmelo et al. (2007) é com o fato de Sweller ter classificado a Aprendizagem Baseada em Problemas na categoria de “aprendizagem minimamente dirigida”, enquadrando-a assim na mesma categoria da fracassada “Aprendizagem pela Descoberta”. Sweller et al. (2007), em sua tréplica responderam:

“Hmelo et al. (2007) também concordam conosco que orientação no ensino é importante [...] Hmelo et al. (2007) não fazem distinção entre ABP e Aprendizagem por Investigação (AI), mas insistem que ambas são diferentes da Aprendizagem pela Descoberta. Historicamente, a Aprendizagem pela Descoberta em sua forma pura foi lentamente descartada e substituída pela “Descoberta Guiada”, a medida em que o desastre completo da Descoberta pura foi se tornando aparente. Da mesma forma, a mais recente ênfase em auxiliar passo a passo o aluno defendida por Hmelo (2007) e

Schmidt (2007) para a ABP e para a AI foi forçada pelas evidências da não efetividade do ABP “puro” e do AI “puro”, sem auxílio passo a passo ao aluno. Contudo nós ainda continuamos incapazes de determinar as diferenças entre a Descoberta Guiada e a ABP com auxílio passo a passo e AI com auxílio passo a passo ao aluno. Além disso, embora o auxílio passo a passo, assim como toda e qualquer orientação para novatos, seja melhor do que nenhum auxílio passo a passo, o derradeiro auxílio passo a passo, o que fornece aos alunos todas as informações necessárias incluindo a completa solução do problema – ou antes da tarefa ou bem a tempo durante a tarefa – é ainda melhor” (Sweller et al., 2007, p. 9).

Sweller et al. 2007 continuam sua tréplica a Hmelo et al. (2007) se referindo ao uso de “andaimes” pela ABP. É oportuno esclarecer que a palavra “andaime”, tradução da palavra *scaffold*, tem em textos de educação na língua inglesa o significado de um auxílio passo a passo fornecido ao aluno. Sweller afirma que estes “andaimes” não são suficientes para tornar a ABP uma metodologia de ensino que produza uma aprendizagem eficiente, pois o melhor andaime que se pode dar a um aluno, que é fornecer exemplos resolvidos, é ignorado pela ABP.

3. Segundo argumento contrário à aprendizagem minimamente dirigida: da verdadeira natureza da “aprendizagem ativa”

A Aprendizagem por Descoberta foi criticada por sua concepção equivocada de ensino ativo, ensino no qual o aluno deveria assumir o papel de um “pequeno cientista”:

“O aluno ao repetir os procedimentos adotados pelo cientista na elaboração do conhecimento redescobrirá, por si mesmo os conceitos e interpretará os fenômenos chegando as mesmas conclusões cientificamente aceitas. Nesta perspectiva, acreditava-se que reti-

“Na seção intitulada “O uso de andaimes em ABP e AI”, Hmelo et al. (2007) descrevem uma grande variedade de andaimes eficazes. Concordamos que os diferentes andaimes utilizados são eficazes quando comparados com o uso de nenhum “andaime”. Contudo, o único “andaime” que eles parecem ignorar é aquele onde se fornece aos aprendentes o problema juntamente com um procedimento de resolução que pode ser usado para gerar a sua solução.

[...] Hmelo et al. (2007) pouco se referem a arquitetura cognitiva humana. Eles indicam corretamente que o “andaime” reduz a carga sobre a memória de trabalho. Contudo, do mesmo modo que outros defensores do ensino construtivista eles não fazem nenhuma tentativa de explicar como deixar de fornecer aos alunos a solução de um problema ajuda na transferência dessa solução para a memória de longo prazo” (Sweller et al., 2007, p. 9).

É importante notar que os teóricos da ABP concordam que a carga cognitiva sobre a memória de trabalho deve ser reduzida durante a aprendizagem e que o ensino minimamente dirigido não é eficiente. Sweller e os teóricos da ABP apenas discordam do nível de explicitação do ensino. Para Sweller, quando a instrução for para iniciantes, o nível de explicitação deve ser completo, propondo Sweller inclusive o uso mais frequente de exemplos resolvidos no ensino.

rando-se o estudante da “passividade do ouvir” para a “atividade do fazer”, se estaria propiciando ao aluno uma elaboração mental e, conseqüentemente, a compreensão de conceitos e fenômenos naturais. Entretanto, tal concepção mostrou-se enganosa uma vez que “movimentar as mãos” não significa necessariamente “movimentar as ideias” (Chaves, 1993, p. 5).

Este mesmo tipo de crítica que se faz aqueles

que defendiam o ensino pseudo-ativo, propiciado pela Aprendizagem por Redescoberta, pode ser feito também à crença construtivista de que um ensino completamente orientado não pode propiciar uma aprendizagem ativa. Esta é uma crença equivocada. Sweller, Ayres & Kalyuga (2011) defendem, por exemplo, que a utilização de exemplos resolvidos não é uma forma de transmissão de conhecimento desprovida de uma aprendizagem ativa:

“Estudar exemplos resolvidos oferece um dos melhores, talvez o melhor, meio de aprender a resolver problemas em um domínio novo. Outras críticas à utilização de exemplos resolvidos tendem a ser mais de natureza ideológica. Os construtivistas, em particular, tendem a considerar exemplos resolvidos como uma forma de transmissão de conhecimento, desprovido de uma aprendizagem ativa e desprovida da tão valorizada experiência em resolução de problemas. É claro que, a aprendizagem, ser ou não ativa, é algo que não está relacionado à atividade física dos alunos. Pode-se ser tão mentalmente ativo enquanto se estuda um exemplo quanto quando se resolve um problema. É a consequência cognitiva da atividade que

importa” (Sweller et al., 2011, p. 107).

Em suma, o ensino onde a aprendizagem é completamente dirigida, não é necessariamente menos cognitivamente ativo do que o ensino minimamente orientado. Clark et al. 2012 também criticam a crença de que o ensino ativo envolve necessariamente a atividade comportamental:

“Infelizmente, esta suposição incorreta está bastante espalhada. Mayer a chama de “a falácia do ensino construtivista”. Colocado em termos simples; a atividade cognitiva pode ocorrer com ou sem atividade comportamental, e a atividade comportamental não garante de modo algum atividade cognitiva. Na verdade, o tipo de processamento cognitivo ativo que os estudantes precisam se engajar para “construírem” conhecimento pode acontecer através da leitura de um livro, ouvindo uma palestra, observando um professor realizar um experimento enquanto descreve o que está fazendo, etc. Aprender requer a construção do conhecimento. Reter a informação não a fornecendo aos alunos não facilita a construção do conhecimento” (Clark et al., 2012, p. 8).

4. Terceiro argumento: da impossibilidade lógica de se inferir convenções arbitrárias

A crença de que um menor nível de explicitação contribui para a aprendizagem, decorre, em parte, de um equívoco. Piaget disse que as crianças devem construir o conhecimento, não disse que elas devem construir o conhecimento sozinhas:

“Possivelmente a suposição mais amplamente aceita sobre aprendizagem é a de que o estudante é o construtor do seu próprio conhecimento. Esta diretriz piagetiana muitas vezes é mal interpretada como sendo a afirmação de que as crianças devem construir o seu conhecimento mais ou menos sozinhas, no decorrer da resolução colaborativa de um problema. Em termos discursivos, isto significaria que se espera dos estudantes que de-

envolvam o discurso matemático enquanto interagem um com outro. Os nossos dados [...] mostraram a inatingibilidade desta crença também” (Sfard, 2001, p. 14).

Não somente a interação com o outro, mas também a interação com a situação pode resultar em uma aprendizagem ineficiente quando divorciada de um ensino completamente orientado. Pretender que o aluno construa os conceitos apenas interagindo com as situações é também um grande equívoco, conforme leciona Novak (2006), um dos mais renomados teóricos da Aprendizagem Significativa:

“Existe uma noção equivocada de que estudos investigativos garantirão a aprendiza-

gem significativa. A realidade é que a não ser que os alunos possuam pelo menos uma compreensão conceitual rudimentar do fenômeno que estão investigando, a atividade pode levar a pouco ou nenhum ganho em seu conhecimento relevante e pode ser nada mais do que um trabalho para manter o aluno ocupado. De fato, o suporte baseado em pesquisas, para a amplamente recomendada Aprendizagem através de Investigações é inexistente” (Novak, 2006, p. 5).

Ou seja, a simples interação do aluno com situações ou com outras pessoas pode não garantir que este venha a construir o conhecimento que deve aprender, caso estas interações não indiquem explicitamente para o aluno o que fazer e como fazer. Mas o ensino explícito (aprendizagem completamente dirigida) não impede o aluno de construir sozinho seu próprio conhecimento? Em razão do modo como o ensino explícito e o ensino construtivista são definidos é natural imaginar-se que sejam abordagens incompatíveis. O ensino explícito eliminaria a possibilidade de o aluno construir sozinho seu próprio conhecimento. Contudo, a construção do conhecimento pelos alunos não pode dispensar o ensino explícito, uma vez que grande parte do que se aprende envolve convenções, e não existem bases lógicas que justifiquem a pretensão de que os alunos possam sozinhos (sem o ensino explícito) inferir convenções:

“Exigir do professor que não intervenha no processo de aprendizagem – pois, caso contrário, estaria “conduzindo” o aluno e assim impedindo uma “aprendizagem significativa” – é desobrigá-lo de apresentar essas novas maneiras de ver, as quais não decorrem naturalmente das hipóteses do aluno. São convenções” (Gottschalk, 2008, p. 88).

Enfim, reter o conhecimento (ensino minimamente orientado), como ocorre em algumas práticas construtivistas, nem sempre ajuda a própria construção do conhecimento. Isto é particularmente verdadeiro, quando a aprendizagem envolve convenções. Em razão da inexistência de bases lógicas que possibilitem aos alunos in-

ferirem convenções arbitrárias, não se pode pretender que reter o conhecimento relativo a essas convenções possa auxiliá-los a construí-las (argumento N^o3).

Vale ressaltar que não apenas as convenções arbitrárias, mas também lacunas nos conhecimentos dos alunos, isto é, a inexistência de conhecimentos prévios que sejam pré-requisitos à construção de um novo conhecimento, podem ser obstáculos lógicos e cognitivos (sobrecarregam a memória de trabalho na medida em que podem suscitar um número enorme de hipóteses alternativas) à construção do conhecimento (Sweller, 2004).

Embora a aprendizagem seja idiossincrática, estas diversas construções de raciocínio possíveis, porém incorretas do ponto de vista da lógica, podem e devem ser minimizadas eliminando-se as lacunas. Para alunos iniciantes, isto deve ser feito através de um ensino onde a aprendizagem seja completamente dirigida.

E por fim, é importante destacar que, segundo Mortimer (1996), as lacunas são obstáculos tão danosos à construção do conhecimento quanto os conflitos cognitivos gerados com as concepções alternativas dos alunos:

“[...] as lacunas são tão importantes quanto os conflitos. São poucos os autores [...] que se referem às lacunas como um tipo de perturbação. Várias estratégias baseadas no conflito cognitivo parecem não reconhecer que, muitas vezes, no processo de construção de uma ideia nova, a falta de informações para interpretar os resultados de um experimento é obstáculo maior que o conflito entre as ideias dos estudantes e os resultados” (Mortimer, 1996, p.22).

Veremos, a seguir, exemplos de situações em que nem a utilização da metodologia dos exemplos resolvidos, nem a metodologia baseada em problemas a resolver, são as metodologias ideais. A metodologia ideal é uma transição entre essas duas metodologias.

5. Uma transição de metodologias: dos exemplos resolvidos aos exercícios a resolver

Segundo resultados experimentais obtidos por pesquisadores da Teoria da Carga Cognitiva, a metodologia da aprendizagem baseada no estudo de exemplos resolvidos é, para iniciantes em um determinado assunto, superior à aprendizagem baseada na resolução de problemas. Isto ocorre porque, para os alunos inexperientes, a aprendizagem baseada na resolução de problemas pode sobrecarregar a limitada capacidade da Memória de Trabalho, comprometendo a aprendizagem (Souza, 2010).

Contudo, verificou-se experimentalmente que, à medida que o nível de expertise dos alunos vai aumentando, a eficiência da instrução baseada no estudo de exemplos resolvidos, em um primeiro momento, desaparece, e em um segundo momento ocorre a sua reversão, ou seja, a utilização da metodologia dos exemplos resolvidos, inicialmente eficiente quando o aluno ainda não adquiriu expertise no assunto, passa a ser contraproducente à medida que o aluno vai adquirindo expertise. Isto ocorre porque à medida que os iniciantes vão se tornando mais experientes, o efeito de se estudar problemas resolvidos deixa de ser vantajoso e passa a ser redundante em relação ao esquema que o aluno já tem armazenado na sua memória de longo prazo (Sweller et al., 2011).

Para o aluno que adquiriu mais expertise, a aprendizagem baseada na resolução de problemas passa a ser superior à aprendizagem a partir do estudo de exemplos resolvidos. Em razão dessa reversão, sugerem os autores da Teoria da Carga Cognitiva que em um primeiro momento os alunos, ainda iniciantes em um determinado tópico, estudem exemplos resolvidos, e num momento posterior, quando já adquiriram um maior volume de conhecimentos, passem a aprender resolvendo problemas sozinhos.

Sugerem ainda os autores da Teoria da Carga Cognitiva que, à medida que o aluno for ganhando expertise, que ocorra a gradual transição entre estudar exemplos resolvidos e resolver problemas sozinhos. Para tornar esta transição, entre essas duas metodologias, mais suave, Atkinson,

Derry, Renkl & Wortham (2000) propuseram uma variação do método já utilizado pela Teoria da Carga Cognitiva, de alternar exemplos resolvidos com exercícios a resolver. Eles testaram se os dois modos de aprendizagem (estudo de exemplos resolvidos e resolução de problemas) poderiam ser combinados sucessivamente, introduzindo-se gradativamente mais e mais elementos da resolução de problemas no estudo de exemplos resolvidos até que os aprendizes passassem a resolver os problemas sozinhos. Eles propuseram uma transição gradual da utilização de problemas resolvidos até a utilização de problemas a resolver (Atkinson et al., 2000).

Para tornar esta transição suave eles introduziram problemas parcialmente resolvidos, ou seja, problemas em que a resolução de alguns itens ou passos é omitida. Na transição entre as duas metodologias, o número de itens omitidos nos exemplos parcialmente resolvidos vai aumentando até que o aluno passe a resolver um problema totalmente sozinho. Nesta transição de metodologias, o nível de assistência ao aluno deve ser adaptado em função do nível de conhecimentos prévios do aluno (Clark, Nguyen, & Sweller, 2006; Souza, 2010). As experiências pedagógicas realizadas demonstraram que a utilização da transição da metodologia dos exemplos a resolver para a metodologia da resolução de problemas beneficia a aprendizagem mais do que a utilização isolada dessas metodologias (Sweller et al., 2011).

Como o Efeito Reverso da Expertise explica o comprovado sucesso da transição da “metodologia dos exemplos resolvidos” para a “metodologia da resolução de exercícios”, pode-se inferir que também em razão deste Efeito, será igualmente benéfico para a aprendizagem, uma transição gradual entre metodologias mais amplas; a transição da metodologia da aprendizagem completamente dirigida para a metodologia construtivista da aprendizagem minimamente dirigida. Portanto, propomos aqui esta transição gradual entre estas duas metodologias mais amplas.

6. Conclusão

O sucesso das práticas construtivistas, onde o professor retém um conhecimento pretendendo com isso levar o aluno a construir o seu conhecimento, esbarra em dois tipos de obstáculos: limitações cognitivas e limitações lógicas. As limitações cognitivas são as limitações da memória de trabalho que é o gargalo da aprendizagem com suas limitações de capacidade e duração. As limitações lógicas decorrem do fato de a maior parte do nosso conhecimento envolver convenções arbitrárias e não existirem bases lógicas que nos permitam inferir convenções arbitrárias.

Para superar os obstáculos cognitivos e lógicos sugerimos que a aprendizagem seja, para alunos iniciantes em um determinado assunto, completamente dirigida. Contudo, embora esta metodologia seja adequada para os alunos iniciantes, à medida que estes ganham *expertise*, esta metodologia passa a ser ineficiente em razão do Efeito Reverso da Expertise. Por esse motivo, conjecturamos que a metodologia de ensino onde a aprendizagem é minimamente dirigida passe a ser mais eficiente à medida que o aluno vai aumentando seu nível de expertise.

Assim, tendo em vista o Efeito Reverso da *Expertise*, neste artigo propusemos como solução ao atualíssimo debate sobre o nível ideal de

orientação no ensino, não a mera transição da metodologia dos exemplos resolvidos para a metodologia dos exercícios a resolver, transição esta já proposta pelos teóricos da Teoria da Carga Cognitiva, mas sim, uma transição mais ampla de metodologias; a transição gradual da metodologia do ensino onde a aprendizagem é completamente dirigida, para a metodologia de ensino, onde a aprendizagem é minimamente dirigida, como no ensino construtivista, ou parcialmente dirigida, como na Aprendizagem Baseada em Problemas.

Ao utilizar-se esta transição de metodologias, o construtivismo (ensino minimamente orientado) e o ensino completamente orientado deixam de ser metodologias incompatíveis, podendo ser considerados, neste contexto, como metodologias complementares. Acreditamos que o uso dessa transição de metodologias possibilitará ao construtivismo realizar plenamente o seu potencial metodológico.

Sugerimos que mais pesquisas experimentais sejam feitas para avaliar o impacto da prática desta transição de metodologias na aprendizagem e os procedimentos necessários para adaptar o ritmo da transição ao ritmo de aprendizagem e ao nível de expertise de cada aluno.

7. Referências bibliográficas

Atkinson, R.; Derry, S.; Renkl, A.; Wortham, D. (2000). Learning from Examples: Instructional Principles from the Worked Examples Research. *Review of Educational research*, 70(2), 181-214.

Ausubel, D. (1964). Some Psychological and Educational Limitations of Learning by Discovery. *The Arithmetic Teacher*, 11, 230-302.

Clark, R.; Kirschner, P.; Sweller, J. (2012). Putting students on the path to learning: The case for fully guided instruction. *American Educator*, 36(1), 6-11.

Craig, R. (1956). Directed versus Independent Discovery of Established Relations; *Journal of Educational Psychology*, 47(4), 223-234.

Chaves, S. (1993). Evolução de Idéias e Idéias de Evolução: A Evolução dos seres vivos na ótica de aluno e professor de Biologia do ensino secundário. Dissertação de Mestrado- Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.

Clark, R. C.; Nguyen, F.; Sweller, J. (2006). Efficiency in Learning. Evidence-Based Guidelines to Manage Cognitive Load. San Francisco: Pfeiffer

Gottschalk, C. (2004). A Natureza do conhecimento Matemático sob a Perspectiva de Wittgenstein: algumas implicações educacionais. *Cadernos de História e Filosofia da Ciência*, 14(2), 305-334.

Hmelo, C.; Duncan, R. G.; Chinn, C. A. (2007) Scaf-

- folding and achievement in problem-based and inquiry learning: A response to Kirschner, Sweller, and Clark. *Educational Psychologist*, 42, 99–107.
- Jones, S.; Fong, C.; Torres, L.; Yoo, J.; Decker, M.; Robson, D. (2009). Productivity in educational psychology journals from 2003 to 2008. *Contemporary Educational Psychology*, 35(1), 11-16.
- Kalyuga, S.; Chandler, P.; Sweller, J. (2001). Learner experience and efficiency of instructional guidance. *Educational Psychology*, 21, 5-23,
- Kirschner, P.; Sweller, J.; Clark, R. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41, 75-86.
- Koedinger, K. R.; Alevan, V. (2007). Exploring the Assistance Dilemma in Experiments with Cognitive Tutors. *Educational Psychology Review*, 19, 239–264.
- Mayer, R. (2004). Should there be a Three-Strike Rule against Pure Discovery learning? The case for guided Methods of Instruction. *American Psychologist*. 59(1), 14-19.
- Mortimer, E. F. (1996). Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? *Investigações em ensino de Ciências*. 1(1), 20-39.
- Novak, J. D.; Canas, A. J. (2008). The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct Them, Technical Report IHMC CmapTools, Florida Institute for Human and Machine Cognition. Retirado em 28/07/2012, no World Wide Web: <http://cmap.ihmc.us/Publications/ResearchPapers/TheoryUnderlyingConceptMaps.pdf>.
- Schmidt, H. G.; Loyens, S. M.; Gog, T. V.; Paas, F. (2007). Problem based learning is compatible with human cognitive architecture: Commentary on Kirschner, Sweller, and Clark. *Educational Psychologist*, 42, 91–97.
- Sfard, A. (2001). Learning mathematics as developing discourse. In R. Speiser, C. Maher, C. Walter (Eds), Proceedings of 21st Conference of PME-NA (pp. 23-44). Columbus, Ohio: Clearing House for Science, mathematics, and Environmental Education.
- Shulman, L.; Keisler, E. (1966). Learning by discovery: A critical appraisal. Chicago: RandMcNally.
- Souza, N. (2010). Teoria da Carga Cognitiva: Origem, Desenvolvimento e Diretrizes de Aplicação ao processo ensino aprendizagem. Dissertação de Mestrado, Instituto de Educação Matemática e Científica, Universidade Federal do Pará.
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: effects on learning. *Cognitive Science*, 12, 257-285.
- Sweller, J.; Merrienboer J.; Paas, P. (1998). Cognitive Architecture and Instructional Design. *Educational Psychology Review*, 10(3), 251-296.
- Sweller, J. (2004). Instructional Design Consequences of an Analogy between Evolution by natural Selection and Human Cognitive Architecture. Netherlands: Kluwer Academic Publisher.
- Sweller, J.; Kirschner, P.; Clark, R. (2007). Why minimally guided teaching techniques do not work: a reply to commentaries. *Educational Psychologist*, 42, 115-121.
- Sweller, J.; Ayres, P.; Kalyuga, S. (2011). Cognitive Load Theory. New York: Springer.