



MODELO DE RECONSTRUÇÃO EDUCACIONAL COMO UM APORTE TEÓRICO E METODOLÓGICO PARA O DESIGN DE AMBIENTES DE ENSINO E APRENDIZAGEM DA CIÊNCIA

Model of Educational Reconstruction as a Theoretical and Methodological contribution to the Design of Environments of Science Teaching and Learning

Michelle Garcia da Silva [michellegs@uepb.edu.br]
*Departamento de Biologia
Universidade Estadual da Paraíba
Baraúnas, 351, Campina Grande, Paraíba, Brasil*

Helaine Sivini Ferreira [hsivini@terra.com.br]
*Departamento de Educação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Dom Manuel de Medeiros, s/n, Recife, Pernambuco, Brasil*

Resumo

Neste artigo o Modelo de Reconstrução Educacional (MRE) foi apresentado como um aporte teórico e metodológico para o *design* de ambientes de ensino e aprendizagem da ciência. Para isso, foi necessário elucidar o entendimento sobre as grandes teorias, os quadros intermediários e as ferramentas de *design* no processo de *design* de intervenções educacionais. A partir deste entendimento foi feito o aprofundamento teórico do MRE, que resultou na clarificação do seu quadro intermediário. Além disso, o aprofundamento da discussão metodológica do MRE permitiu um entendimento mais claro das relações entre seus três componentes: análise da estrutura do conteúdo, investigações sobre as perspectivas dos estudantes e *design* e avaliação de ambientes de ensino e aprendizagem. Todas essas discussões contribuíram para que o MRE fosse defendido neste trabalho como um modelo teórico e metodológico frutífero para auxiliar professores e pesquisadores do ensino de ciências no processo de *design* de intervenções educacionais que tratem de conteúdos científicos.

Palavras-Chave: Modelo de Reconstrução Educacional; Quadro intermediário; Ferramentas de *design*; Intervenções educacionais; Ensino de ciências.

Abstract

In this paper, the Model of Educational Reconstruction (MER) was presented as a theoretical and methodological framework for the *design* of science teaching and learning environments. For this, it was necessary to explain the role of great theories, intermediate framework and *design* tools in the *design* process of educational interventions. Based on this understanding, the theoretical deepening of the MER was made, which resulted in the clarification of its intermediate framework. Furthermore, the deepening of the methodological structure of the ERM allowed the clarification of the relationships between its three components: clarification and analysis of science content, investigation into students' perspectives and *design* and evaluation of teaching and learning environments. All these discussions contributed for the MRE to be defended in this work as a fruitful theoretical and methodological model to assist teachers and researchers of science education in the process of developing educational interventions that address scientific contents.

Keywords: Model of Educational Reconstruction; Intermediate framework; Design tools; Educational interventions; Science education.

INTRODUÇÃO

O Modelo de Reconstrução Educacional (MRE) foi desenvolvido entre os anos de 1995 e 1997 por pesquisadores alemães que se dedicavam à pesquisa em ensino de ciências, principalmente na área de ensino de biologia e de física (Komorek & Kattmann, 2008; Duit, Gropengiesser, Kattmann, Komorek, & Parchmann, 2012). Este modelo foi fruto de um trabalho cooperativo entre Ulrich Kattmann, Reinders Duit, Harald Gropengiesser e Michael Komorek, que o propuseram destacando sua função para o desenvolvimento curricular e para o *design* de intervenções educacionais (Kattmann, Duit, Gropengießer, & Komorek, 1996). Portanto, o MRE pode ser utilizado tanto para contextos mais amplos de reestruturação curricular em larga escala, como para auxiliar no planejamento de ensino numa situação educacional específica e plural. Nesta última perspectiva, dois focos de estudos se destacam, aqueles que geram contribuições da pesquisa acadêmica para a prática educativa, com o desenvolvimento de intervenções contextualizadas, como por exemplo, os estudos que objetivam desenvolver sequências didáticas (SD) (Zabala, 1998); e aqueles que contribuem para pesquisa e para a formação profissional de professores (Duit et al., 2012; Van Dijk & Kattmann, 2007).

De acordo com Labudde (2008), independente da forma como o MRE pode ser utilizado, ele tem provado ser valioso e promissor para a pesquisa de desenvolvimento. É importante entender que este tipo de pesquisa faz parte de uma tendência de investigação, preocupada em aproximar teoria e prática educativa, que ganhou força no ensino de ciências no final da década de 1990, quando as pesquisas sobre concepções dos estudantes e sobre mudança conceitual apresentavam grande volume de resultados. Nesta época a maioria dos educadores e pesquisadores do ensino de ciências estavam engajados no desenvolvimento de novos processos de ensino e aprendizagem, que eram alcançados por meio do *design* de intervenções (LABUDDE, 2008). Foi também nesta época que começou o intenso debate internacional sobre a alfabetização científica, que também influenciou no desenvolvimento do MRE (Duit et al., 2012).

Acompanhando estas tendências, o MRE foi proposto para ajudar a evitar uma unilateralidade característica das abordagens de pesquisas desenvolvidas na época de sua proposição (Kattmann et al., 1996), marcada, de um lado, por abordagens que, no planejamento do ensino, enfatizavam demais a perspectiva dos estudantes e negligenciavam, em certa medida, a perspectiva da ciência; e, de outro, por “abordagens tradicionalmente orientadas para colocar a ênfase no ponto de vista da ciência, como diretriz de instrução do planejamento” (Kattmann et al., 1996, p. 1, tradução nossa). Numa direção contrária, o MRE equilibra no processo de *design*, as questões relacionadas ao conteúdo científico e aquelas de cunho educacional (Duit et al., 2012; Niebert & Gropengiesser, 2013). Para que não haja dúvidas, as questões relacionadas ao conteúdo científico são aquelas que discutem: os principais termos, princípios e teorias que explicam determinado conhecimento científico; os procedimentos utilizados para aquisição deste conhecimento; aspectos da natureza e da história da ciência; e, ainda, aspectos éticos que tal conhecimento mobiliza. Já as questões de cunho educacional são aquelas que envolvem: o entendimento das concepções dos estudantes sobre determinado conteúdo científico; as principais dificuldades e necessidades de aprendizagem relacionadas a este conteúdo; a definição de objetivos de aprendizagem adequados ao ensino deste conteúdo e os principais métodos que podem facilitar sua aprendizagem. Para além disso, o MRE sugere o estabelecimento sistemático de relações entre as perspectivas da ciência, dos estudantes e os objetivos de ensino quando o propósito é planejar processos de ensino e aprendizagem (Kattmann et al., 1996). Isto posto, é possível afirmar que o MRE é um programa de pesquisa¹ que foi desenvolvido para melhorar o ensino e aprendizagem de tópicos específicos da ciência (Niebert & Gropengiesser, 2013).

Neste contexto de *design* de intervenções educacionais, o MRE tem como lente para o processo de ensino e aprendizagem a epistemologia construtivista (Duit et al., 2012). Desse modo, o processo de *design* descrito no MRE recebe influências teóricas das bases construtivistas, mas também da tradição alemã de *Bildung* e *Didaktik* e da Pesquisa Baseada em *Design*. Estas influências são materializadas no quadro intermediário do MRE e na ferramenta de *design* associada a este modelo, como veremos adiante. Desta forma, este artigo visa responder ao seguinte questionamento de pesquisa: como o MRE fundamenta teórica e metodologicamente o processo de *design* de intervenções educacionais para o ensino e aprendizagem da ciência? Assim, temos como objetivos: clarificar a discussão teórica do MRE, propondo o quadro intermediário construtivista da reconstrução educacional; aprofundar a discussão metodológica do MRE, entendendo de forma mais clara as relações estabelecidas entre seus componentes; e, por fim, compreender que o processo de *design* descrito no MRE auxilia professores e pesquisadores do ensino de ciências a desenvolver

¹ O MRE é entendido como um programa de pesquisa da forma como este é entendido por Lakatos. Para síntese deste entendimento sobre os programas de pesquisa de Lakatos ver Chalmers e Fiker (1993).

intervenções educacionais não de modo arbitrário, mas pautadas em pressuposições teóricas e metodológicas.

Para alcançar nossos objetivos, inicialmente buscamos elucidar as interrelações entre as grandes teorias, os quadros teóricos intermediários e as ferramentas de *design*. Em seguida, apresentamos e discutimos o quadro intermediário construtivista da reconstrução educacional. A ferramenta de *design* associada ao MRE foi apresentada no item 3. Finalizamos com uma apresentação sucinta da utilização do modelo em um contexto real de pesquisa.

PRIMEIRAS CONSIDERAÇÕES

Neste primeiro momento, tecemos as interrelações entre as grandes teorias, os quadros intermediários e as ferramentas de *design* numa etapa que busca clarificar seus respectivos papéis no processo de *design* de intervenções educacionais. A figura 1 será referência para as discussões pretendidas, que foram ancoradas no estudo de Ruthven e colaboradores (2009) e são fundamentais para o entendimento teórico e metodológico do MRE.

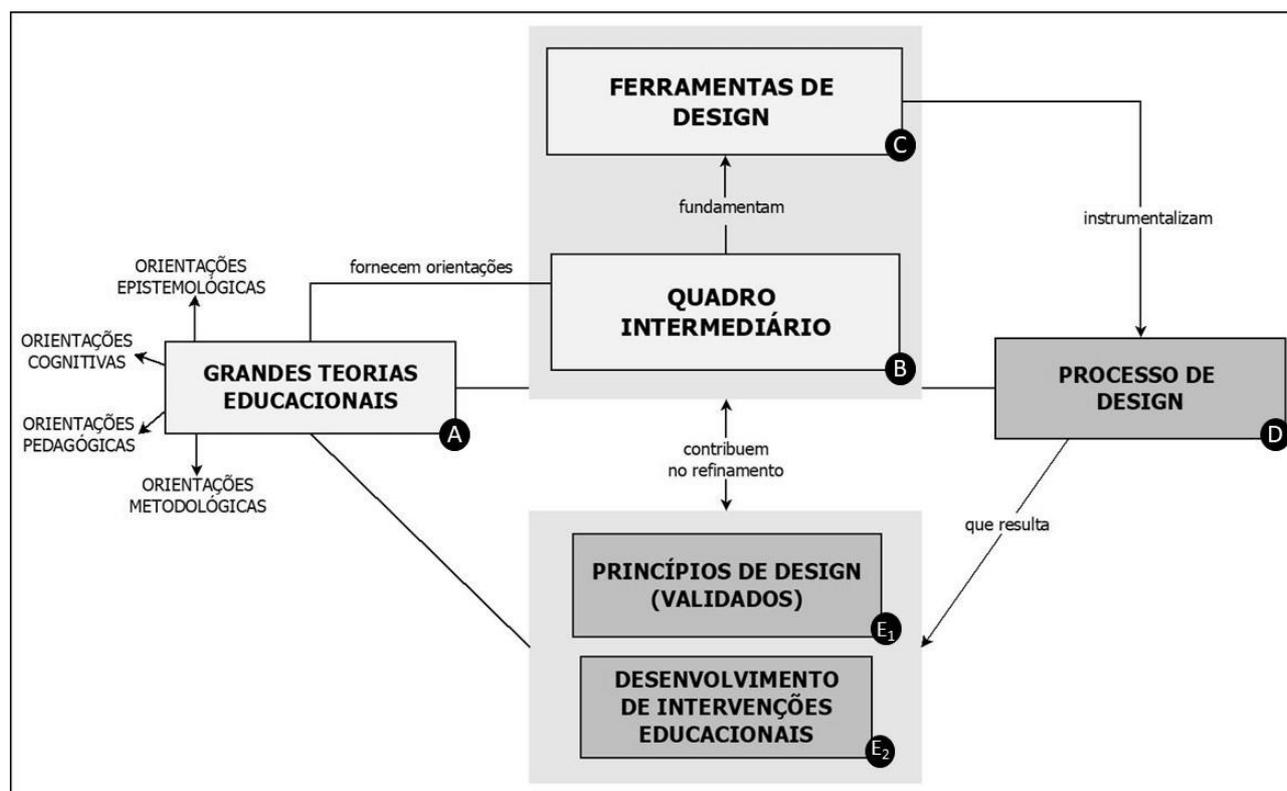


Figura 1 – Relações entre as grandes teorias, os quadros intermediários, as ferramentas de *design* no processo de *design* de intervenções educacionais
Fonte: elaborado pela autora

É comum encontrar teorias de referência orientando diversos aspectos do processo de *design* de intervenções educacionais (Ruthven et al., 2009). Essas teorias são chamadas de grandes teorias, referindo-se a teorias gerais do conhecimento, do desenvolvimento e da aprendizagem humana, da epistemologia da disciplina ou do processo de instrução (Ruthven et al., 2009). A partir de uma visão mais ampla, o termo “grande teoria” pode incluir, além de teorias propriamente ditas, noções ou construções teóricas validadas pela comunidade acadêmica/científica. Sendo assim, as grandes teorias podem fornecer ao processo de *design*, de forma geral, orientações epistemológicas, cognitivas, pedagógicas e/ou metodológicas (letra A da figura 1). Esta multiplicidade de teorias necessárias para fundamentar o processo de *design* levou os pesquisadores a criarem seus próprios quadros teóricos, mais específicos, que estão entre as grandes teorias e o processo de *design*, mediando as contribuições daquelas para este. Graças a sua capacidade de mediação, estes quadros recebem a denominação de quadro intermediário (do inglês, *intermediate framework*; letra B da figura 1) (Ruthven et al., 2009).

O quadro intermediário é uma organização teórica sistematizada que considera aspectos específicos das grandes teorias, no sentido de fundamentar uma ferramenta de *design*, que, por sua vez, instrumentaliza

o processo de *design* (letra D da figura 1). Logo, o papel dos quadros intermediários é extrair, coordenar e contextualizar os aspectos das teorias de referência que são pertinentes ao propósito particular de desenvolver intervenções educacionais (Ruthven et al., 2009). Isto é, esses quadros intermediários promovem articulações entre as grandes teorias e o processo de *design*.

As articulações mencionadas são materializadas nas ferramentas de *design* (letra C da figura 1), que são desenvolvidas no sentido de operacionalizar/instrumentalizar as orientações advindas dos quadros intermediários e, então, oferecer suporte metodológico ao detalhado processo que configura o *design* e a avaliação de intervenções educacionais (Ruthven et al., 2009). Nesse sentido, é importante destacar que as orientações provenientes das ferramentas de *design* servem para instrumentalizar tanto o processo de pesquisa em si (o percurso metodológico da pesquisa), como a construção e o desenvolvimento da própria intervenção (a metodologia de ensino sugerida na intervenção). Em suma, as ferramentas de *design* correspondem a aparatos didáticos explícitos para o processo de *design*, especificando os componentes e o passo a passo necessário para a construção e desenvolvimento de intervenções educacionais, seja para o contexto da pesquisa acadêmica em ensino de ciências, seja para a prática de ensino efetivada na sala de aula.

Assim, o processo de *design* de uma intervenção educacional, no contexto aqui apresentado, não é um processo aleatório, mas orientado teoricamente pelo quadro intermediário e metodologicamente pela ferramenta de *design*. O resultado deste processo são princípios de *design*² validados (letra E₁ da figura 1) e o desenvolvimento de intervenções educacionais voltadas para contextos situacionais da sala de aula (letra E₂ da figura 1). Ambos os resultados promovem discussões que podem auxiliar no aprimoramento, refinamento e reconstrução do quadro intermediário, que, por sua vez, também pode promover discussões que sinalizem a necessidade de aprimorar, refinar, revisar e reconstruir, tanto os princípios de *design*, como a intervenção educacional construída. Além disso, as reflexões sobre o quadro intermediário, os princípios de *design* e a intervenção educacional construída podem auxiliar a fomentar o debate sobre as grandes teorias, reformulando aspectos já conhecidos delas, promovendo debates sobre aspectos pouco evidenciados e/ou propondo reflexões desconhecidas até então.

Em síntese, os quadros intermediários, associados a ferramentas de *design*, podem ser usados no processo de *design*, como mediadores das contribuições das grandes teorias para a prática de ensino (Ruthven et al., 2009). Este caráter mediador dos quadros intermediários possibilita que ele seja utilizado sem a necessidade de retomar o percurso histórico de toda a teorização feita no âmbito das grandes teorias, consistindo num apoio para docentes que desejam inserir, em suas práticas, planejamentos pautados não apenas em seu conhecimento tácito, mas também em orientações teóricas. Entretanto, é importante que os docentes compreendam que as ferramentas de *design*, quando fundamentadas por estes quadros, refletem pressupostos teóricos, e por isso, não podem ser consideradas um conjunto desconectado de etapas a cumprir. Uma vez clarificadas as interrelações e articulações entre as grandes teorias, quadros intermediários e ferramentas de *design*, e de suas contribuições para os processos instrucionais, nos debruçamos na apresentação do quadro intermediário do MRE, já que, na literatura, não encontramos uma estruturação sistematizada dele.

QUADRO INTERMEDIÁRIO CONSTRUTIVISTA DA RECONSTRUÇÃO EDUCACIONAL

Tomando como referência os esclarecimentos anteriores, é importante começar este item destacando que neste trabalho o MRE é compreendido como um quadro intermediário, na medida em que oferece elucidações teóricas para o processo de *design* de ambientes de ensino e aprendizagem; e como uma ferramenta de *design*, já que sugere um caminho metodológico para a efetivação de tal processo.

Esta compreensão do MRE como um aporte teórico e metodológico para o *design* de ambientes de ensino e aprendizagem foi adquirida com base nas discussões de Kattmann (2007, p.97, tradução nossa) que afirma que “o modelo de reconstrução educacional deve ser entendido como uma meta-teoria, em que várias teorias parciais são usadas para emoldurar o ensino e a aprendizagem profissionais.”. O autor afirma ainda que, com o MRE, essas teorias parciais são reunidas, modificadas e tornadas utilizáveis, podendo avançar em suas discussões. Este entendimento de Kattmann sobre o MRE é consistente em muitos aspectos com o que Ruthven e colaboradores (2009) chamam de grandes teorias (teorias parciais), quadro intermediário (meta-teorias) e ferramenta de *design* (teorias tornadas utilizáveis). Ao tomar o MRE com base nessas referências, buscamos utilizar este modelo de forma mais ampla, considerando não apenas o seu suporte metodológico para o processo de *design*, como usualmente disseminado na literatura (Duit et al., 2012;

² Para esclarecimentos sobre o que são os princípios de *design* ver Van den Akker (1999).

Kneubil & Pietrocola, 2017); mas também os pressupostos teóricos implicados nas orientações metodológicas sugeridas no MRE.

O esforço de caracterizar teoricamente o MRE nos levou a propor o que chamamos neste trabalho de Quadro Intermediário da Reconstrução Educacional. Ele é influenciado por três grandes teorias ou aportes teóricos: as bases construtivistas, a tradição alemã de *Bildung* e *Didaktik* e a pesquisa baseada em *design* (Duit et al., 2012). Apenas alguns aspectos destas teorias serão considerados no quadro intermediário do MRE, como veremos adiante. Logo, não nos coube voltar ao percurso histórico de toda a teorização feita no âmbito de cada grande teoria, mas identificar que elementos teóricos são importados destas grandes teorias para o processo de *design* de ambientes de ensino e aprendizagem descrito no MRE e entender como estes elementos se reorganizam para compor o Quadro Intermediário da Reconstrução Educacional. Por fim, gostaríamos de deixar claro que grande parte dos referenciais utilizados para fazer o aprofundamento teórico do MRE foram sinalizados pelos próprios autores do modelo.

Aspectos das bases construtivistas elencados para compor o quadro intermediário da reconstrução educacional

Iniciaremos as discussões do quadro intermediário da reconstrução educacional com as contribuições advindas das bases construtivistas. Conforme apontado por Duit e colaboradores (2012), o MRE é fundamentado numa visão epistemológica construtivista. Ao fazer esta afirmação, os autores tentam, em vista da diversidade das concepções construtivistas, esclarecer o significado deste termo no contexto do MRE. Para isso, apresentam as discussões de Phillips (2000), que examina as várias possibilidades de entender a construção do conhecimento.

De forma geral, o trabalho de Phillips evoca discussões semelhantes àquelas apresentadas por El-Hani e Bizzo (2002), sobre as diversas formas de conceber o construtivismo. Eles destacam que o construtivismo pode ser analisado com base em três critérios: sociológico, educacional e filosófico. As discussões desses dois últimos critérios também são mencionadas por Howe e Berv (2000) que caracterizaram o construtivismo de duas formas: como uma visão epistemológica e como uma pedagogia. Esta primeira visão é aquela evidenciada por Duit e colaboradores (2012), ao tratarem do MRE. No entanto, vale destacar o que foi dito por El-Hani e Bizzo (2002, p.2) sobre as possíveis divisões do construtivismo: “não obstante esta divisão, não se pode perder de vista que o construtivismo educacional ou pedagógico apresenta, por certo, aspectos filosóficos e sociológicos, lado a lado com proposições sobre o ensino e a aprendizagem.”

Sabendo disso, em primeira não se pode perder de vista que o construtivismo educacional ou pedagógico apresenta, por certo, aspectos filosóficos e sociológicos, lado a lado com proposições sobre o ensino e a aprendizagem.”. análise, o termo “construtivista” no MRE é entendido nos termos do sentido filosófico tradicional da epistemologia, como uma teoria geral do conhecimento. Em outras palavras, o MRE é incorporado numa epistemologia construtivista (Duit et al., 2012). Segundo Howe e Berv (2000), ser claro sobre o que considerar como epistemologia construtivista requer a compreensão dos contornos básicos de vários pontos de vista epistemológicos importantes na história da filosofia ocidental, bem como certos problemas que esses pontos de vista encontraram. No entanto, o foco desta discussão não é aprofundar todos os pontos e contrapontos concernentes à discussão atual sobre a epistemologia construtivista, mas buscar caminhos e argumentos que nos levem a entender o quadro intermediário do MRE. Nesse sentido, nos propomos, sobretudo, a mostrar resumidamente como a epistemologia construtivista é compreendida neste trabalho e a destacar as principais influências que o MRE recebe dela.

Visando o objetivo da discussão pretendida neste item, é válido destacar que a epistemologia construtivista no âmbito do MRE não tem o solipsismo, o ceticismo ou subjetivismo como decorrências necessárias. Ao contrário disso, entende que:

“(…) a chamada ‘construção do conhecimento’ não é totalmente livre e aleatória levando ao solipsismo e à incomunicabilidade. Ela deve corresponder a uma unidade de pensamento, a uma concordância, a um consenso universal. Não se pode ‘construir’ o seu conhecimento totalmente pessoal e independente sem vínculo com a comunidade científica e com o saber universal” (Werneck, 2006, p.176).

Em suma, uma interpretação razoável do construtivismo como uma teoria do conhecimento pode ser a ideia de que “o mundo, quando conhecido, é reconstruído pelo sujeito e é muito difícil, senão impossível, avaliar a correspondência entre as construções cognitivas e a realidade” (El-Hani & Bizzo, 2002, p.3). Esta é

uma posição importante da epistemologia construtivista, que, de acordo com El-Hani e Bizzo (2002), a afasta de qualquer aproximação com o relativismo radical.

Esta posição carrega forte influência de uma das principais ideias kantianas, que, parafraseada por Howe e Berv (2000, p.20, tradução nossa), sugere que “um esquema conceitual sem dados sensoriais está vazio, os dados sensoriais sem um esquema conceitual são cegos.”. Na opinião desses autores este pensamento de Kant inaugurou o verdadeiro sentido da epistemologia construtivista, que defende esta mistura do empírico e do conceitual como fonte do conhecimento. Este pensamento influencia uma das grandes ideias sustentadas pelo MRE: a estrutura do conteúdo a ser ensinado não é “dada” pela estrutura do conhecimento científico (conceitual), mas influenciada por ele e pelo conhecimento do estudante (empírico) a cerca deste conteúdo (Duit, 2006a; Duit et al., 2012; Reinfried, Mathis & Kattmann, 2009; Van Dijk & Kattmann, 2007). Em sentido mais amplo, é defendido no MRE que o conhecimento necessário para desenvolver ambientes de ensino e aprendizagem de ciências mais adequados advém do conhecimento conceitual da ciência e do conhecimento empírico dos estudantes, mais que isso, das relações que podem ser estabelecidas entre estes conhecimentos.

Outro aspecto da epistemologia construtivista que está presente nas ideias defendidas no MRE diz respeito à forma como o saber científico é concebido. Conforme apontou Duit (2006b), o MRE pressupõe que em nenhuma área do conhecimento existe uma estrutura de conteúdo verdadeira. Isso significa dizer que o que chamamos comumente de estrutura do conhecimento científico é considerada, no MRE, como um consenso de uma comunidade científica específica (Duit, 2006b; Duit et al., 2012; Kattmann et al., 1996; Reinfried, Mathis & Kattmann, 2009). Contudo, não é que no MRE seja negada a confiabilidade do conhecimento científico, mas admite-se que “todos os produtos da pesquisa científica são frutos de tentativas de estruturar representações sobre o mundo e sofrem modificações de tempos em tempos” (Pietrocola, 2002, p.106). Desse modo, o conhecimento não é visto no MRE como uma descrição última e definitiva da realidade, mas como um conjunto de saber provisório em constante processo de revisão e de reconstrução. Werneck (2006) chama este modo de considerar o conhecimento de concepção crítica do conhecimento.

Estas discussões são consistentes com as propostas de Kant, Wittgenstein e Kuhn sobre a análise do conhecimento científico (Howe & Berv, 2000). Esses autores, assim como os autores do MRE, concebem o conhecimento da ciência como intersubjetivo (Duit, 2006b; Howe & Berv, 2000; Werneck, 2006). Isso quer dizer que, nesse contexto de significados compartilhados, o saber científico é visto como uma atividade (construção) humana, carregada de propósitos, objetivos, intenções, crenças e valores, e, portanto, é um conhecimento provisório. Assim, “na epistemologia construtivista, a verdade e o conhecimento são estabelecidos de forma holística e provisória, e não compartimentalizadas em linguagem/mente, mundo e valores” (Howe & Berv, 2000, p.31, tradução nossa).

Alinhados a esta compreensão, Kattmann e colaboradores (1996) defendem que cada apresentação do consenso de uma comunidade científica específica, por exemplo, aquele presente nos livros didáticos, é uma reconstrução idiossincrática dos autores, orientada pelos objetivos e intenções que eles possuem, sejam implícitos ou explícitos. É também uma possibilidade de comunicação do conhecimento científico intersubjetivo, já que, ou há uma intersubjetividade e uma possibilidade de comunicação, ou o conhecimento se torna impossível (Werneck, 2006).

Ainda nesta direção, convém entender que se os objetivos dos autores dos livros didáticos, por exemplo, são diferentes dos objetivos que orientam o ensino de uma ciência específica, então a estrutura do conteúdo para o ensino não pode ser definida simplesmente pela estrutura do conhecimento científico posto nestes livros (Duit et al., 2012). Nas palavras de Duit (2006b, p. 750, tradução nossa), “a estrutura dos conteúdos científicos deve ser reconstruída a partir de uma perspectiva educacional. Esta é a essência do termo ‘reconstrução educacional’”. Tal afirmação também sugere que as estruturas do conhecimento científico e as do conhecimento a ser ensinado são diferentes, por estarem relacionadas a diferentes objetivos. Mais adiante veremos que a diferenciação, entre estas duas estruturas, também recebe influência da tradição alemã de *Bildung* e *Didaktik*. Mas, a princípio, o fundamento basilar do MRE é fortemente influenciado pela epistemologia construtivista.

Até o presente momento, a noção de construção do conhecimento utilizada para esta discussão foi aquela que deve ser entendida como constituição do saber feita pelo estudioso, pelo cientista, pelo filósofo, resultante da reflexão e da pesquisa sistemática que leva a novos conhecimentos aceitos em determinado tempo histórico (Werneck, 2006). Mas se o aporte teórico da epistemologia construtivista for utilizado no contexto do ensino e aprendizagem de ciências, então o termo “construção” ganha outro sentido, devendo ser entendido como processo de aprendizagem do sujeito, ou seja, o modo como o conhecimento é construído

na mente do sujeito (Queiroz & Barbosa-Lima, 2007; Werneck, 2006). Nesta perspectiva, a discussão foi deslocada da corrente filosófica para a corrente educacional do construtivismo.

Assim como a visão filosófica do construtivismo influencia as ideias presentes no MRE, a visão educacional do construtivismo também influencia. Ao relacionar a epistemologia construtivista à didática, chega-se às discussões sobre o processo de aprendizagem da ciência. Neste novo contexto de debate do construtivismo, a questão passa a ser o como, o modo pelo qual a aprendizagem da ciência se dá, para que a partir disso sejam pensadas metodologias pertinentes de ensino (Werneck, 2006). De acordo com Duit, Treagust e Widodo (2013), o principal termo para enquadrar teoricamente os processos de aprendizagem dentro de abordagens educacionais construtivistas é “mudança conceitual”. Mas no MRE é dado um novo sentido à mudança conceitual, distante daquele tradicional defendido por Posner e colaboradores (1982). Este novo sentido se aproxima do que Pereira (2012, 2017) chama de abordagens re-enquadradas da mudança conceitual.

Nestas abordagens o tema pôde ser reinterpretado e articulado a uma estrutura conceitual mais abrangente, que compartilham algumas premissas gerais, entendidas como a base da discussão atual sobre mudança conceitual:

- I. A mudança conceitual não é mais vista como uma substituição de teorias, mas como um processo dependente do contexto, no qual os indivíduos adquirem uma consciência meta-conceitual para coordenar diferentes pontos de vista.
- II. A mudança conceitual não é somente concebida como um processo puramente racional, mas também como uma mudança intencional, que envolve aspectos contextuais, motivacionais e afetivos;
- III. Além de envolver a mente individual, a mudança conceitual também sugere algo mais na forma de indivíduos socialmente situados, buscando entender como os indivíduos compartilham ferramentas culturais e participam de comunidades de discurso e prática.

A perspectiva de aprendizagem defendida no MRE integra estas premissas e faz parte deste movimento contemporâneo da pesquisa sobre mudança conceitual. Assim, para evitar possíveis mal-entendidos com o termo “mudança conceitual”, Kattmann (2007) defendeu o uso do termo “reconstrução conceitual”, em analogia aos processos de reconstrução educacional. Este termo evidencia que a aprendizagem no âmbito do MRE é vista não como substituição de concepções pré-instrucionais por ideias científicas, mas como reconstrução conceitual no sentido de promover modificações, enriquecimentos e reestruturações nas concepções pré-instrucionais dos estudantes (Reinfried, Mathis & Kattmann, 2009).

Conforme apontado por Kattmann e colaboradores (1996), a perspectiva de mudança conceitual sustentada no MRE defende a ideia de que os alunos precisam compreender os conhecimentos científicos em determinados contextos, em outros, no entanto, a visão cotidiana pode ser a mais valiosa. Desse modo, a necessidade de construir conhecimentos científicos em ambientes formais de ensino de ciências se dá, não porque este conhecimento é mais importante que o do cotidiano, mas porque faz parte dos objetivos de a educação científica possibilitar, através da visão da ciência, um outro modo de interpretar o mundo.

Assim, o termo “reconstrução conceitual” indica que:

“(...) os estudantes precisam reconstruir os seus próprios conceitos pré-instrucionais. Processos mentais também estão incluídos e podem ser descritos como revolucionários (descontínuo) se os conceitos são fundamentalmente reorganizados, ou, como em desenvolvimento (contínuo), se os conceitos são modificados ou reconectados de uma nova forma. Além disso, reconstrução conceitual também enquadra teoricamente os processos de aprendizagem, nos quais os alunos desenvolvem suas estruturas mentais, formando novos conceitos baseados em sua própria imaginação e experiência” (Duit et al.; 2012, p.14).

Ainda sobre o processo de reconstrução conceitual, Kattmann (2007) destaca que os estudantes desempenham um papel ativo neste processo, na medida em que desenvolvem suas estruturas mentais, formando novos conceitos com base em conhecimentos prévios e na experiência com o outro. Nesse sentido, concordamos que no âmbito da perspectiva construtivista, o papel ativo do estudante não se restringe à atividade física, ao fazer agir apenas, mas alcança também o sentido de atividade mental que leva o estudante a sair de si mesmo em busca do saber (WERNECK, 2006). Mas além da perspectiva cognitiva e racional, a reconstrução conceitual envolve também aspectos afetivos, tais aspectos como necessidades, interesses e atitudes. Ambos os aspectos, cognitivos e afetivos, assumem papéis no processo de reconstrução conceitual, não podendo este último ser subestimado (REINFRIED; MATHIS; KATTMANN, 2009).

A inclusão de aspectos afetivos e situacionais da sala de aula no processo de reconstrução conceitual é outra tentativa dos autores do MRE de diferenciá-lo da abordagem de mudança conceitual clássica proposta por Posner. Apesar deste esforço, os autores não aprofundam a discussão que leva ao entendimento de como esses aspectos motivacionais e afetivos estão implicados no processo de reconstrução conceitual. Apenas salientam que estes aspectos devem ser levados em consideração no momento de propor ambientes de ensino e aprendizagem pautados no MRE. Esta orientação é dada sob a justificativa de que questões cognitivas e afetivas são igualmente importantes no aprendizado de conceitos, de tal forma que estão intimamente ligadas (Duit, Treagust & Widodo, 2013). Acreditamos que esta abordagem mais geral da perspectiva de mudança conceitual no MRE se dá porque o objetivo dos autores é tão somente elucidar a perspectiva de aprendizagem que está por trás do processo de *design* descrito neste modelo.

Para finalizar a discussão sobre a contribuição das bases construtivistas para o MRE, é importante destacar que a reconstrução conceitual considera que os sujeitos são indivíduos socialmente situados. Desse modo, como sintetiza Méheut e Psillos (2004), o MRE sugere, por um lado, que o processo de aquisição do conhecimento seja visto como um processo de construção individual ativa dentro de um determinado ambiente social e material, enquanto o conhecimento científico, por outro, seja visto como uma tentativa de construção humana, como um patrimônio cultural (Duit et al., 2012).

Nesse sentido, o MRE se inspira no pensamento de Pintrich, Marx e Boyle (1993) para defender que aspectos sociais e afetivos, como o contexto social da sala de aula, o trabalho em grupo e as características dos estudantes são tão importantes quanto os aspectos cognitivos no aprendizado do conceito. Assim, o objetivo da reconstrução conceitual não é que os estudantes reconstruam sozinhos a bagagem do conhecimento da ciência já constituído, mas que as principais ideias deste conhecimento sejam relacionadas com o conhecimento que eles já possuem, a partir de interações promovidas no contexto situacional da sala de aula, de tal forma que os conteúdos científicos ensinados na educação formal façam sentido para eles. Neste processo, o professor tem um papel mediador importante, que objetiva adequar a estrutura do conteúdo a ser ensinado às características de aprendizagem dos estudantes, propiciando um amplo repertório de experiências que facilitem o engajamento dos estudantes no processo de ensino e aprendizagem da ciência. Uma consequência direta deste entendimento é que os professores precisam conhecer as características dos estudantes, para que assim possam definir objetivos de ensino adequados ao contexto de sala de aula (Reinfried, Mathis & Kattmann, 2009).

Em suma, as bases construtivistas conferem ao MRE orientações epistemológicas, cognitivas e pedagógicas. As epistemológicas mostram como a construção do conhecimento é entendida no âmbito do MRE, os aspectos cognitivos mostram a lente utilizada no MRE para olhar para a aprendizagem da ciência e os aspectos pedagógicos versam em torno, principalmente, do papel do estudante, do conhecimento científico, do mundo material e do professor no processo de ensino e aprendizagem.

Aspectos da tradição alemã de *Bildung* e *Didaktik* elencados para compor o quadro intermediário da reconstrução educacional

Dando continuidade aos esclarecimentos teóricos do MRE, resgatamos os principais aspectos da tradição alemã de *Bildung* e *Didaktik* que compõem o quadro construtivista da reconstrução educacional. Assim, de modo geral, três elementos principais da tradição alemã de *Bildung* e *Didaktik* podem ser vistos nas ideias do MRE:

- (1) O princípio da primazia dos objetivos e intenções de ensino no processo de planejamento da instrução

Esta é a principal ideia defendida no conceito de Análise Didática (AD) de Klafki (1995), que permite aos professores reflexões sobre os conteúdos e metodologias que devem ser utilizados no ensino para contribuir no desenvolvimento da *Bildung* dos estudantes (Fischler, 2011). Para orientar tal análise, Klafki (1995) propõe cinco questões norteadoras: (1) Que sentido ou realidade mais ampla o conteúdo/tema em questão exemplifica ou possibilita para os estudantes? Que fenômenos, princípios, leis, problemas, métodos, técnicas ou atitudes podem ser compreendidos pelos estudantes por meio deste conteúdo/tema? (2) Que importância tem para os estudantes o conteúdo/tema em questão? O que estes estudantes conhecem das experiências, conhecimentos, habilidades ou competências que podem ser construídas por meio deste conteúdo/tema? Do ponto de vista pedagógico, que importância este conteúdo/tema deve ter? (3) Qual a importância do conteúdo/tema em questão para o futuro dos estudantes? (4) Como este conteúdo/tema pode ser estruturado se consideradas as perspectivas pedagógicas descritas nas questões 1, 2 e 3; (5) Qual é o corpo de conhecimento que deve ser compreendido pelos estudantes se o conteúdo/tema em questão for

considerado “adquirido” por eles? Que forma de tratar este conteúdo/tema é mais acessível e compreensível para os estudantes, considerando seus estágios de desenvolvimento?

Conforme apontado por Van Dijk e Kattmann (2007), estes questionamentos sugerem que o modelo de Klafki (1995) consiste em cinco etapas para o planejamento da instrução: (1) o significado contemporâneo do conteúdo para os estudantes, (2) o significado futuro do conteúdo para os estudantes, (3) a estrutura do conteúdo, (4) o valor exemplar do conteúdo, e (5) as representações pedagógicas das ideias. No MRE estas etapas estão materializadas na Análise da Importância Educacional (DUIT et al., 2012). Da forma como sugerida, esta análise não objetiva fornecer ao processo de *design* respostas prontas e definitivas aos questionamentos elencados na AD, mas promover uma discussão na qual os objetivos da instrução, as perspectivas cognitivas e afetivas dos estudantes e a estrutura científica de um tópico em questão estejam vinculados entre si (Fischler, 2011). Com isso, fica claro que, sob a influência deste primeiro elemento da tradição alemã de *Bildung* e *Didaktik*, o MRE assegura que o primeiro passo para o planejamento de ambientes de ensino e aprendizagem é a definição dos objetivos e intenções de ensino, ambos pautados nas perspectivas dos alunos, na sua formação como sujeito integral e na estrutura do conteúdo científico.

- (2) A importância de considerar a interação fundamental de todas as variáveis que determinam o planejamento da instrução

De acordo com Duit e colaboradores (2012), a interação fundamental de todas as variáveis que determinam a instrução é um pensamento muito importante da tradição alemã de *Bildung* e *Didaktik* proposto por Heimann, Otto e Shulz (1969). O aspecto chave deste pensamento são os processos de aprendizagem dos estudantes e não a contribuição para a *Bildung*, como no caso da AD de Klafki. São consideradas variáveis instrucionais: as intenções de ensino, os tópicos da instrução, os métodos de ensino e a mídia usada para o ensino (Duit et al., 2012). É importante destacar que a interação entre estas variáveis instrucionais é influenciada significativamente pelas pré-condições intelectuais, comportamentais e socioculturais dos estudantes. Essas pré-condições permitem levantar as quatro questões fundamentais que moldam o processo de planejamento instrucional: Por quê – O quê – Como – Por qual (Duit et al., 2012).

Com bases nestas considerações, é possível perceber que a interação entre os componentes do MRE, que serão discutidos mais adiante, é influenciada por este pensamento da interação entre as variáveis instrucionais. Este segundo elemento da tradição alemã de *Bildung* e *Didaktik* também favorece o entendimento de que o estudante é um sujeito socialmente situado, já que, como vimos, as suas pré-condições socioculturais são um elemento importante para o processo de *design*. Este entendimento chega ao MRE não somente por esta via, mas também por meio das influências oriundas das bases construtivistas.

- (3) As ideias elementares de um conteúdo científico precisam ser identificadas levando em consideração os objetivos de ensino e as perspectivas dos estudantes

Este é o pensamento chave do processo de elementarização, que se configura como um elemento essencial dentro da tradição alemã de *Bildung* e *Didaktik* (Duit et al., 2012). Este processo de elementarização inclui três facetas importantes: (1) a procura das características elementares (ou estruturantes) de um determinado conteúdo guiada pelos objetivos de ensino; (2) o processo de redução da complexidade de um conteúdo específico da ciência, de forma que se torne acessível para os estudantes; e (3) o planejamento dos processos de aprendizagem dos estudantes, de forma que eles compreendam os conceitos da ciência (Duit et al., 2012).

Nas palavras de Duit e colaboradores (2012) “o processo de elementarização é, muitas vezes, uma tarefa delicada de encontrar um equilíbrio entre o ‘correto’, do ponto de vista da ciência, e o acessível para os estudantes” (p.5, tradução nossa). No cotidiano da sala de aula, esta tarefa deve ser realizada pelo professor, a partir de várias ferramentas que possam ajudá-lo. Defendemos, inclusive, que o próprio MRE pode auxiliar o professor nesta tarefa. Assim, além de orientações sobre o planejamento de ambientes de ensino e aprendizagem, a tradição alemã de *Bildung* e *Didaktik* também traz considerações sobre o papel do professor no processo de ensino e aprendizagem. Uma dessas considerações, retomadas no MRE, vai no sentido de explicar que o trabalho profissional do professor não é limitado por um currículo imposto, ao contrário, o professor é visto como um criador ativo do currículo da sala de aula (Van Dijk & Kattmann, 2007), que deve ser ajustado a contextos situacionais para fazer sentido para o estudante e contribuir para seu percurso de aprendizagem.

Portanto, a tradição alemã de *Bildung* e *Didaktik* confere ao MRE tanto orientações pedagógicas, referindo-se ao planejamento dos ambientes de ensino e aprendizagem e ao papel do professor nesses

ambientes; como metodológicas, referindo-se à metodologia empregada para o desenvolvimento de ambientes de ensino e aprendizagem a luz do MRE.

Aspectos da Pesquisa Baseada em *Design* elencados para compor o quadro intermediário da reconstrução educacional

A Pesquisa Baseada em *Design* (PBD), do inglês *Design-Based Research* (DBR), é uma abordagem de pesquisa na qual o cenário para a investigação científica é fornecido pelo desenvolvimento iterativo de intervenções para problemas educacionais práticos e complexos (S. McKenney & Reeves, 2014). Neste contexto, o termo “intervenção” é utilizado “para denotar o objeto, atividade ou processo que é desenvolvido como uma solução possível para resolver o problema identificado” (Shattuck & Anderson, 2013, p.187, tradução nossa). No MRE o termo “ambientes de ensino e aprendizagem” assume significado semelhante ao termo “intervenção” na PBD. Além disso, outros aspectos da PBD influenciam o MRE, como suas principais características e fases de pesquisa.

Embora as características da PBD possam ser apresentadas de diversas maneiras e sob diferentes rótulos, alguns autores elencam cinco características desta abordagem que consideram universais: (1) busca o esforço de impactar positivamente a prática, trazendo transformação através do *design* e fornecendo, por meio deste, soluções para problemas educacionais reais (intervencionista) (McKenney & Reeves, 2012); (2) faz uso da participação ativa de um conjunto de atores conectados ao contexto do problema, para melhor entendê-lo e solucioná-lo (colaborativa) (Anderson & Shattuck, 2012); (3) considera o diálogo entre os conhecimentos advindos da literatura, dos dados empíricos coletados em campo e das experiências dos envolvidos no contexto do problema para encontrar soluções para ele (fundamentalmente responsiva) (McKenney & Reeves, 2012, 2014); (4) percebe as teorias como ponto de partida, de chegada e de investigação (teoricamente fundamentada) (Matta, Silva, & Boaventura, 2014); (5) Evolui através de ciclos sucessivos, chamados usualmente de ciclos de prototipagem, que são compostos pelo *design*, pelo desenvolvimento, pelo teste e pelo refinamento de intervenções (iterativa) (McKenney & Reeves, 2014). Estas cinco características podem ser percebidas no MRE, esta última, inclusive pode ser vista nitidamente ao observarmos o procedimento recursivo característico deste modelo, que veremos adiante.

Outro aspecto da PBD que imprime influências sobre o MRE é o processo investigativo próprio desta abordagem de pesquisa, que basicamente envolve três fases: (1) pesquisa preliminar; (2) fase de prototipagem e (3) fase de avaliação. A pesquisa preliminar tem como objetivo a identificação e a análise do problema a ser resolvido com a intervenção, bem como a formulação de princípios de *design* (McKenney & Reeves, 2012; Plomp, 2007; Sarmiento et al., 2013), que servem como diretrizes para o planejamento da intervenção. A fase de prototipagem compõe-se de ciclos de investigação (ou ciclos de prototipagem, ou ciclos de *design*) que incluem a construção, o teste e o aperfeiçoamento da intervenção (McKenney & Reeves, 2012; Plomp, 2007; Sarmiento et al., 2013). A fase de avaliação, que também pode ser chamada de fase de avaliação semissomativa (Plomp, 2007; Sarmiento et al., 2013), permite concluir se a intervenção, depois de várias iterações, atingiu as expectativas planejadas, inclusive em sua extensão a novos contextos. Além disso, a terceira fase da PBD resulta também, como a segunda fase, em recomendações e diretrizes para o aprimoramento da intervenção e dos princípios de *design* (Plomp, 2007; Sarmiento et al., 2013). O MRE segue essa mesma lógica de processo de investigação. Desse modo, que a PBD contribui para o quadro intermediário do MRE com aspectos metodológicos associados às características e fases do processo de pesquisa.

A partir das considerações anteriores, identificamos que os ambientes de ensino e aprendizagem planejados à luz do MRE possuem características próprias. Essas características foram apresentadas no quadro 1, que sistematiza o Modelo de Reconstrução Educacional a partir das grandes teorias que o influenciam, do quadro intermediário e da ferramenta de *design* associadas a ele.

Quadro 1 - Síntese do Modelo de Reconstrução Educacional, enfatizando o preenchimento da lacuna referente ao quadro intermediário da reconstrução educacional

SÍNTESE DO MODELO DE RECONSTRUÇÃO EDUCACIONAL (MRE)		
GRANDES TEORIAS	QUADRO INTERMEDIÁRIO	FERRAMENTA DIDÁTICA
Bases construtivistas 1. Epistemologia Construtivista 2. Abordagem clássica da Mudança conceitual	1. Principais ideias do MRE 2. Reconstrução Conceitual	1º Componente do MRE: análise da estrutura do conteúdo 2º Componente do MRE: investigação sobre as perspectivas dos estudantes 3º Componente do MRE: <i>design</i> e avaliação de ambientes de ensino e aprendizagem
Tradição alemã de <i>Bildung e Didaktik</i> 1. Análise didática 2. Interação fundamental das variáveis instrucionais 3. Elementarização	1. Análise da importância educacional 2. Interação fundamental entre os componentes do modelo 3. Processo de clarificação do conteúdo	
Pesquisa baseada em <i>Design</i> Características da pesquisa Fases da Pesquisa	1. Características do processo de pesquisa 2. Fases do processo de pesquisa 3. Procedimento recursivo característico do processo de <i>design</i> descrito no MRE	
IDEIAS-CHAVES DO MRE		
1. A estrutura do conteúdo a ser ensinado não é “dada” pela estrutura do conhecimento científico, mas influenciada por ele e pelo conhecimento do estudante a cerca deste conteúdo. Desse modo, o conhecimento íntimo das perspectivas dos estudantes sobre um dado conteúdo da ciência pode levar a um conhecimento sofisticado dele, do ponto de vista educacional. 2. É necessário criar um equilíbrio, e uma interação, entre as questões relacionadas ao conteúdo científico e aquelas de cunho educacional, quando se pretende planejar ambientes de ensino e aprendizagem. 3. O primeiro passo para o planejamento de ambientes de ensino e aprendizagem é a definição dos objetivos e intenções de ensino, ambos pautados nas perspectivas dos alunos, na sua formação como sujeito integral, na estrutura do conteúdo científico e na relação estabelecida entre estes aspectos. 4. O processo de planejamento instrucional, segundo passo para o planejamento de ambiente de ensino e aprendizagem, deve ser moldado por quatro questões fundamentais: Por quê – O quê – Como – Por qual. Estas que para serem respondidas devem levar em consideração as pré-condições intelectuais, comportamentais e socioculturais dos estudantes.		
VISÕES SOBRE...		
O estudante É um sujeito não apenas cognitivo, mas também afetivo e social, que constrói seu próprio conhecimento com base nas experiências com o fenômeno e na troca com o outro. Tem conhecimento sobre o que acontece ao seu redor e por isso é importante conhecer o que o ele sabe sobre um determinado conteúdo.	O professor É um sujeito ativo, mediador, que tem autonomia profissional garantida, sem ser controlado por um currículo imposto. O professor é visto como um construtor do currículo de sala de aula, responsável por planejar um encontro frutífero entre os estudantes e o conteúdo científico.	
O conhecimento científico É visto como construção humana, como conhecimento histórico e patrimônio cultural. Não existe uma estrutura do conhecimento “verdadeira” para uma área específica, mas um consenso de uma comunidade científica específica. O conhecimento é provisório e intersubjetivo, sendo a ciência vista como uma das formas de representar o mundo material.	O mundo material O contexto no qual acontece o encontro entre os sujeitos e as experiências com os fenômenos e com outros sujeitos. No contexto do MRE, é o lugar onde o conhecimento de vida vai sendo adquirido e, também, o contexto situacional da sala de aula, onde as experiências de ensino e aprendizagem planejadas são implementadas.	
O processo de aprendizagem da ciência A aprendizagem da ciência é vista como reconstrução de concepções pré-instrucionais considerando ideias científicas, isto no sentido de promover modificações, enriquecimentos e reestruturações nas concepções pré-instrucionais dos estudantes. Desse modo, busca-se a ampliação do repertório de compreensão dos estudantes sobre um dado fenômeno da ciência. Neste caso, as concepções pré-instrucionais dos estudantes são entendidas como ferramentas para auxiliar no processo ensino e aprendizagem.		
CARACTERÍSTICAS DOS AMBIENTES DE ENSINO E APRENDIZAGEM PLANEJADOS A LUZ DO MRE		
1. Os conceitos científicos e as concepções dos estudantes devem ter o mesmo valor e peso no processo de ensino e aprendizagem; 2. O estudante participa de forma ativa nas atividades propostas no ambiente de ensino e aprendizagem;		

3. O conteúdo científico deve ser entendido como uma possibilidade, dentre outras, de interpretação do mundo;
4. Os objetivos de ensino consideram as três dimensões do conteúdo: conceitual, procedimental e atitudinal;
5. O professor assume papel mediador no processo de ensino aprendizagem,
6. O ambiente de ensino e aprendizagem deve promover diversos contextos de tratamento do fenômeno a ser estudado, para oportunizar a ampliação do repertório de experiência dos estudantes com o fenômeno;
7. A aprendizagem dos conceitos envolve não apenas aspecto cognitivos, mas afetivos.
8. A avaliação deve envolver critérios cognitivos e afetivos relativos à aprendizagem dos estudantes.

FERRAMENTA DE *DESIGN*: COMPONENTES DO MODELO DE RECONSTRUÇÃO EDUCACIONAL E PERCURSO DE DESENVOLVIMENTO

A ferramenta de *design* associada ao MRE é uma materialização dos pressupostos teóricos contidos no quadro intermediário da reconstrução educacional. Em outras palavras, os três componentes do MRE – (1) análise da estrutura do conteúdo, (2) investigações sobre as perspectivas dos estudantes e (3) *design* e avaliação de ambientes de ensino e aprendizagem – e as interações que estabelecem entre si sinalizam um caminho para que as orientações teóricas contidas no MRE se tornem utilizáveis e viabilizem o processo de *design* de ambiente de ensino e aprendizagem. Resumidamente, a ferramenta de *design* do MRE é expressa a partir de seus componentes e da íntima relação estabelecida entre eles. A seguir apresentamos os três componentes do MRE e explicamos o percurso de desenvolvimento do processo de *design* de ambientes de ensino e aprendizagem, com base no MRE.

Primeiro componente do Modelo de Reconstrução Educacional: análise da estrutura do conteúdo

O primeiro componente do MRE é chamado de Análise da Estrutura do Conteúdo. Este componente tem como objetivo esclarecer a estrutura do conteúdo científico a partir de um ponto de vista educacional (Duit et al., 2012; Kattmann, 2007). Isto é feito com base em uma análise sistemática e crítica do conteúdo científico, envolvendo reflexões sobre sua validade e sobre sua importância para o ensino e na sociedade (Duit et al., 2012; Reinfried, Mathis & Kattmann, 2009). Com isso, busca-se identificar orientações educacionais sobre os conteúdos da ciência que possam contribuir para o planejamento de experiências de ensino e aprendizagem.

É importante destacar que no contexto do MRE o termo “conteúdo” é utilizado com um amplo espectro de significados, incluindo conceitos, princípios, teorias, processos, técnicas e procedimentos científicos, bem como aspectos da natureza da ciência e de sua importância na sociedade (Viiri & Savinainen, 2008; Duit et al., 2012). Em razão disso, a análise da estrutura do conteúdo não é influenciada exclusivamente pelos significados estritos da ciência, são incluídos aspectos históricos, filosóficos, epistemológicos, educacionais, éticos e sociais referentes à construção do conhecimento científico (Komorek & Kattmann, 2008; Kattmann, et al., 1996). O que permite o entendimento do conteúdo a partir de três dimensões: conceitual, procedimental e atitudinal (ZABALA, 1998).

Da forma como proposta no MRE, Análise da Estrutura do Conteúdo envolve dois processos que estão intimamente relacionados: a clarificação³ do conteúdo e a Análise da Importância Educacional (AIE) (Duit et al., 2012). A clarificação do conteúdo envolve a análise qualitativa do conteúdo da ciência presente nos principais meios de divulgação do conhecimento científico (Duit et al., 2012). E a AIE, como o próprio nome sugere, permite analisar o conteúdo científico numa perspectiva educacional. Esta análise perpassa os três componentes do MRE, mas neste componente 1 suscita, especificamente, os seguintes questionamentos: Quais são as principais teorias e conceitos científicos sobre um assunto específico, e onde estão as suas limitações? Qual é a gênese, função e significado desses conceitos científicos e em que contexto são colocados? Que termos científicos estão sendo utilizados e qual deles restringe ou promove a aprendizagem apenas por causa de seu significado literal? Que posições científicas e epistemológicas estão implícitas? Que implicações éticas e sociais estão associadas aos conceitos científicos? Quais os principais campos de atuação destes conceitos? Que correspondências ou que contradições são possíveis entre as ideias científicas e as ideias dos estudantes e de que maneira essas correspondências ou contradições podem ser frutíferas para o ensino e aprendizagem?

Em suma, Análise da Estrutura do Conteúdo permite esclarecer questões sobre o conteúdo científico, que podem não ser importantes sob o ponto de vista da ciência, mas que assumem importância fundamental

³ Como a tradução deste termo não é muito utilizada no nosso vocabulário, é interessante sabermos que ele é o substantivo do verbo inglês *clarify* que significa em português esclarecer, elucidar, clarificar, ou seja, tornar claro. Deste modo, o verbo clarificar e o seu substantivo clarificação, como utilizados neste texto, devem ser incluídos neste mesmo contexto semântico.

sob o olhar do seu processo de ensino e aprendizagem. Este esclarecimento, para ser efetivo, depende das contribuições dos demais componentes do MRE.

Segundo componente do Modelo de Reconstrução Educacional: investigações sobre as perspectivas dos estudantes

O segundo componente do MRE é chamado de Investigações sobre as Perspectivas dos Estudantes. O objetivo deste componente é, sobretudo, conhecer as perspectivas dos estudantes sobre o conteúdo científico estudado no primeiro componente (Duit et al., 2012; Niebert & Gropengiesser, 2013; Reinfried, Mathis, & Kattmann, 2009; Stavrou, 2015). O termo “perspectiva”, utilizado neste contexto, indica que o segundo componente do MRE não se restringe à análise das concepções iniciais dos estudantes, mas considera que os aspectos afetivos e motivacionais destes, frente a um conteúdo da ciência, fazem parte do processo de ensino e aprendizagem (Komorek & Kattmann, 2008). Portanto, no MRE as variáveis afetivas devem ser levadas em consideração no processo de *design* de intervenções educacionais. Embora isso seja verdade à luz do MRE, não é fácil ver como estas variáveis podem ser incorporadas em uma situação de ensino e aprendizagem concreta (Viiri & Savinainen, 2008). No entanto, entendemos que mesmo que não seja possível identificar aspectos afetivos em uma atividade pontual dentro de uma intervenção, ao nosso ver, o entendimento destas variáveis orienta o processo de *design*, esclarecendo sobre as necessidades e dificuldades de aprendizagem dos estudantes; e sobre o potencial pedagógico do conhecimento que eles possuem. Portanto, os aspectos afetivos podem estar materializados nas escolhas feitas ao longo do processo de *design*, como por exemplo, nas escolhas dos conteúdos que devem ser ensinados e das abordagens e metodologias por meio das quais estes conteúdos devem ser implementados em sala de aula. Sendo assim, a compreensão das perspectivas dos estudantes contribui para o planejamento do ensino no âmbito do MRE não apenas por indicar pontos de partida para o processo de ensino e aprendizagem, mas também por servir como ferramenta para auxiliar neste processo (Kattmann, 2007; Reinfried, Mathis & Kattmann, 2009).

As investigações sobre as perspectivas dos estudantes propostas neste componente também consideram que a AIE, conforme mencionado anteriormente, suscita os seguintes questionamentos: Como os conceitos científicos são representados nas perspectivas dos alunos? Que concepções, quadros conceituais, padrões explicativos ou conceitos são utilizados pelos alunos? Que perspectivas os alunos têm sobre a própria ciência? Que concepções ou padrões explicativos dos alunos se aproximam/se afastam das teorias e conceitos científicos? Que ideias da ciência surgem das declarações dos estudantes?

Por fim, é válido destacar que esta etapa envolve tanto as perspectivas dos estudantes sobre o conteúdo clarificado no primeiro componente do MRE, como a avaliação empírica da intervenção construída no terceiro componente deste modelo (Kattmann et al., 1996). Esta última é feita com base na identificação das concepções dos estudantes ao longo de seus percursos de aprendizagem, trilhados na implementação da intervenção (Niebert & Gropengiesser, 2013; Stavrou, 2015). Em razão disto, tais concepções guiam o planejamento, o desenvolvimento e a avaliação das intervenções elaboradas no âmbito do MRE.

Terceiro componente do Modelo de Reconstrução Educacional: *design* e avaliação de ambientes de ensino e aprendizagem

O terceiro componente do MRE é chamado de *Design* e Avaliação de Ambientes de Ensino e Aprendizagem. Como o próprio nome sugere, o objetivo deste componente é planejar e avaliar ambientes de ensino e aprendizagem que podem assumir a forma de módulos de instrução, materiais didáticos, atividades de aprendizagem, sequências didáticas, dentre outras possibilidades de intervenções (Duit et al., 2012; Komorek & Kattmann, 2008).

O *design* de ambientes de ensino e aprendizagem característico deste componente é influenciado pelos resultados do primeiro e do segundo componentes. Além disso, a análise da importância educacional também suscita questionamentos que auxiliam no planejamento desses ambientes: Quais são os elementos mais importantes das ideias cotidianas dos estudantes que precisam ser levados em conta na sala de aula? Que possibilidades curriculares e/ou pedagógicas se abrem quando as ideias dos estudantes são observadas? Qual das ideias cotidianas dos alunos correspondem a conceitos científicos de tal forma que possam ser utilizados para uma aprendizagem mais adequada e frutífera? Que medidas são apropriadas para refletir o conhecimento no processo de aprendizagem? Quais são as condições (por exemplo, interesses, motivações, clima em sala de aula, estruturas de poder nas salas de aula) que devem ser organizadas para apoiar o aprendizado do conteúdo científico desejado (para suportar o desenvolvimento conceitual dos estudantes)?

Refletindo sobre a avaliação dos ambientes de ensino e aprendizagem planejados, é importante lembrar que esta avaliação é realizada no sentido de julgar se os objetivos de ensino e aprendizagem esperados foram aqueles alcançados com o desenvolvimento da intervenção. Vários métodos empíricos são utilizados para auxiliar neste julgamento, como as entrevistas com os estudantes e os professores, os questionários sobre o desenvolvimento das variáveis cognitivas e afetivas dos estudantes, e, ainda, a análise da prática de ensino documentada em vídeo (Duit et al., 2012). Além destes, outros métodos podem ser utilizados para avaliar as intervenções, desde que se mostrem suficientemente adequados para este fim. É importante, contudo, compreender que esta avaliação não se restringe à uma avaliação pautada em variáveis cognitivas, sendo crucial a utilização de outras variáveis que possibilitem o entendimento sobre aspectos afetivos dos estudantes presentes nos processos de ensino e aprendizagem da ciência.

Resumidamente, as intervenções desenvolvidas neste terceiro componente do MRE objetivam, principalmente, promover experiências de ensino e aprendizagem, nas quais os estudantes sejam levados, entre outras coisas, a ampliar e/ou (re)construir o seu repertório de compreensão sobre um dado conteúdo da ciência (Reinfried, Mathis & Kattmann, 2009). Como é possível observar, não há nada de novo nos componentes do MRE, pois, as questões tratadas em cada componente são bastante conhecidas da pesquisa na área de ensino de ciências. No entanto, Kattmann e colaboradores (1996) afirmam que o diferencial do MRE é o modo como estes componentes estão conectados entre si, de maneira que, as interações estabelecidas entre eles estão presentes ao longo de todo o processo de *design* descrito no MRE. A seguir veremos como estas interações se estabelecem.

O percurso de *design* descrito com base no Modelo de Reconstrução Educacional

Os três componentes do MRE se influenciam mutuamente, e, por isso, devem ser desenvolvidos a partir de procedimento recursivo (Duit et al., 2012; Kattmann, 2007), para que assim, as relações estabelecidas entre eles sejam garantidas. A figura 2 auxilia no processo de compreensão do percurso de *design* descrito no MRE. A partir dela, observamos que há uma interação fundamental entre os componentes do MRE, de maneira que eles não podem ser desenvolvidos independentemente uns dos outros (Duit et al., 2012; KATTMANN, 2007). Ao contrário disto, o resultado de cada componente exerce influência no desenvolvimento dos demais. Por exemplo, as orientações educacionais provenientes da análise do primeiro e do segundo componentes guiam o diálogo entre as concepções científicas e as dos estudantes. Este diálogo é estabelecido com base na identificação de aproximações e de distanciamentos entre as concepções e dele emergem potencialidades pedagógicas que funcionam como possibilidades viáveis para o *design* de ambientes de ensino e aprendizagem, que é o terceiro componente do MRE.

No caminho inverso, o *design* e a avaliação de ambientes de ensino e aprendizagem permitem o refinamento da clarificação do conteúdo (componente 1) e o aprofundamento do entendimento sobre as perspectivas dos estudantes (componente 2), bem como das orientações educacionais provenientes destes dois componentes. Com isso, até as potencialidades pedagógicas – traduzidas nas dificuldades de aprendizagem dos estudantes, nas suas necessidades de aprendizagem e nas estratégias metodológicas para o ensino e aprendizagem – podem ser igualmente revistas, refinadas e aprimoradas, dando início a outros ciclos iterativos entre os componentes. É importante destacar que como estas potencialidades pedagógicas emergem das interações estabelecidas entre o primeiro e o segundo componentes do MRE elas agregam aspectos do conteúdo científico e das características cognitivas e afetivas dos estudantes.

É essa interdependência mútua entre os componentes do MRE que define o caráter recursivo do processo de *design* descrito com base neste modelo. Neste procedimento recursivo, os três componentes do MRE não seguem a rigor uns aos outros, na verdade vão sendo desenvolvidos ao mesmo tempo. Pensando nesse procedimento recursivo como uma metodologia de pesquisa para investigações que utilizam o MRE como aporte teórico e metodológico, vale dizer que a metodologia de tais investigações podem ser compostas por uma sequência de etapas, como acontece comumente, mas estas etapas não seguem linearmente e necessariamente uma lógica que vai do primeiro ao terceiro componente do MRE. Desse modo, a última etapa de uma pesquisa a luz do MRE, pode ser a clarificação do conteúdo, realizada após o *design* e avaliação de ambientes de ensino e aprendizagem, como pôde ser visto na metodologia do trabalho de Niebert e Gropengiesser (2013).

No entanto, independentemente do percurso escolhido, a interação fundamental entres os componentes do MRE deve ser sempre promovida, a fim de que as ideias defendidas neste modelo não sejam distanciadas das práticas efetivamente executadas no seu desenvolvimento. Isso assegura ainda que o MRE não se transforme no desdobramento de três pesquisas distintas e independentes que não conversam entre si. Assim, não se pode perder de vista, no desenvolvimento do MRE, que os resultados relativos às três ênfases do modelo, materializadas em seus três componentes, devem ter o objetivo de contribuir para a

construção da estrutura de conteúdos científicos para o ensino e para o *design* de ambientes de ensino e aprendizagem (Viiri & Savinainen, 2008).

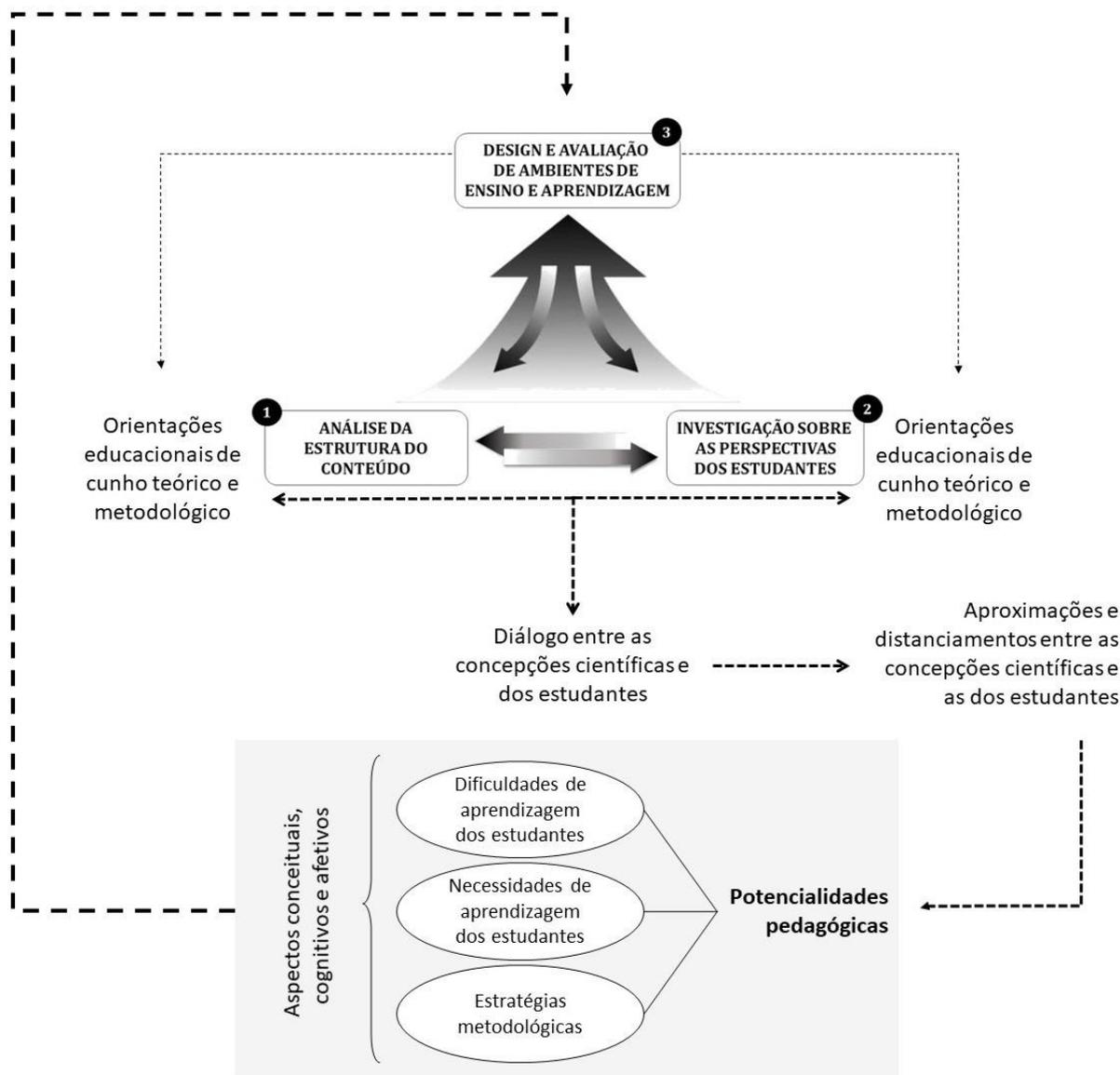


Figura 2 – O percurso do processo de *design* descrita com base no Modelo de Reconstrução Educacional
Fonte: elaborado pela autora

Como pontua Duit e colaboradores (2012) não é a aproximação explícita do MRE com suas grandes teorias (bases construtivistas, tradição alemã de *Bildung* e *Didaktik* e PBD) que faz dele um modelo distinto; mas a ideia de que o conteúdo curricular de ciências deve ser reconstruído com base nos problemas educacionais, especificamente considerando os objetivos de ensino e as perspectivas dos estudantes. Desse modo, o processo de clarificação, que leva às principais ideias de uma certa área do conhecimento, e a construção adjacente do conteúdo curricular para o ensino, indica as contribuições mais específicas do MRE (Duit et al., 2012). A contribuição mais geral deste modelo pode ser atribuída ao fornecimento de uma estrutura de componentes (os três componentes do MRE) essenciais para a pesquisa e o desenvolvimento de intervenções educacionais no âmbito da Educação em Ciências, componentes estes que moldam suas relações trilaterais (Duit et al., 2012). Além do mais, o fornecimento de uma estrutura de componentes que moldam o processo de *design* de ambientes de ensino e aprendizagem confere ao professor a possibilidade de fazer planejamentos teoricamente orientados, e não fundamentados apenas em conhecimentos tácitos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O MRE tem orientado vários estudos, que têm por objetivo, a abordagem de conceitos científicos do ponto de vista educacional. Dentre eles podemos citar: célula (Neves, 2015), divisão celular (Riemeier & Gropengieber, 2008), sistemas não-linear (Reinfried, Aeschbacher, Kienzler, & Tempelmann, 2015), compostos de coordenação (Sam, Niebert, Hanson, & Twumasi, 2015), mudança climática (Niebert & Gropengiesser, 2013), geleiras (Felzmann, 2014), efeito estufa (Niebert & Gropengieber, 2014), ecologia (Sander, Jelemenská & Kattmann, 2006), relatividade geral (Kersting, Henriksen, Bøe, & Angell, 2018), dentre outros. Estes trabalhos são unânimes em apontar que o MRE tem sido um modelo eficaz para o *design* de ambientes de ensino e aprendizagem da ciência. Gostaríamos de finalizar este trabalho sustentando este argumento e, para isso, trazemos a seguir o exemplo de uma pesquisa desenvolvida a luz do MRE com o conceito de biodiversidade (Silva, 2019).

A pesquisa em questão utilizou o MRE para a construção e validação de uma SD sobre biodiversidade. Inicialmente buscou-se a clarificação do conceito de biodiversidade, a partir da Análise da Estrutura do Conteúdo e da Investigação sobre as Perspectivas dos Estudantes. Esta foi a primeira fase da pesquisa. A Análise da Estrutura do Conteúdo, primeiro componente do MRE, foi realizada com base na análise de artigos científicos e livros acadêmicos, já que o contexto para a sequência em desenvolvimento era o nível superior do ensino de biologia. Com ela, foi possível alcançar uma compreensão mais sofisticada do conceito de biodiversidade, compreendo-o a partir de uma abordagem integral e polissêmica. A abordagem integral envolve entender este conceito por meio de seus dois contextos de explicação: científico e sociocultural. A abordagem polissêmica considera que cada contexto pode ser interpretado por meio de múltiplas dimensões. O contexto científico pode ser interpretado por meio das dimensões evolutiva e ecológica e o contexto sociocultural por meio das dimensões ambiental, social, cultural, econômica e ética. Estas compreensões a cerca do conceito de biodiversidade, permitiu que ele fosse ressignificado no contexto educacional, passando a ser visto em uma perspectiva complexa, que não o reduzia a sua interpretação biológica, ainda predominante no ensino de biologia. Além disso, foi possível identificar os principais termos científicos associados a este conceito, bem como os procedimentos da ciência utilizados para a sua construção, tudo isso tomando como referência o saber científico e intersubjetivo referente ao conceito de biodiversidade.

O resultado desta primeira etapa foi a construção de oito orientações educacionais sobre o conceito de biodiversidade (Silva, 2019), algumas das quais são apresentadas a seguir para fins de exemplificação: (1) É fundamental entender o significado de cada um dos níveis de organização da biodiversidade, reconhecendo que ela pode ser analisada por meio deles; (2) É importante entender que existem interações entre os níveis de organização da biodiversidade e que estas interações permitem um olhar evolutivo do conceito; (3) É preciso entender que a biodiversidade pode ser analisada de maneira mais detalhada por meio de seus atributos e componentes. E que estes interagem entre si, conferindo uma interpretação ecológica ao conceito; (4) É essencial reconhecer que no contexto sociocultural a biodiversidade pode ser interpretada a partir de diferentes dimensões, que não são independentes entre si e perseguem o mesmo objetivo: analisar como se dá a conservação da biodiversidade com a participação do homem.

Concomitante a análise anteriormente mencionada, foi realizada também, como passo para o desenvolvimento do segundo componente do MRE, a análise de artigos científicos que tinham como objeto de estudo as concepções dos estudantes sobre biodiversidade. Esta análise nos permitiu conhecer as perspectivas dos estudantes frente ao conceito de biodiversidade. Com isso, entendemos que grande parte dos estudantes que participaram como sujeitos das pesquisas relatadas não compreendiam a biodiversidade a partir de uma abordagem integral e polissêmica. Consequentemente, a principal orientação educacional proveniente da análise das perspectivas dos estudantes foi que é fundamental que o conceito de biodiversidade seja discutido por meio de um amplo repertório de cenários, que forneçam aos estudantes variados modos de pensar sobre este conceito. Assim, entender a perspectiva dos estudantes sobre o conceito em questão nos trouxe orientações de cunho metodológico para o *design* de ambientes de ensino e aprendizagem, que buscou possibilitar experiências de ensino e aprendizagem sobre o conceito em tela.

A partir do diálogo entre a estrutura do conteúdo e as perspectivas dos estudantes conseguimos identificar aproximações e distanciamentos entre as concepções científicas e as dos estudantes acerca do conceito de biodiversidade. Isto nos permitiu identificar as potencialidades pedagógicas deste diálogo, que nos levou a identificar necessidades de aprendizagem referentes ao conteúdo (ex. entender cada nível de organização da biodiversidade); dificuldades de aprendizagem relativas a ele (ex. entender o nível de diversidade genética); e estratégias metodológicas viáveis para sua abordagem em sala de aula (ex. como usar o entendimento da biodiversidade por meio da variação morfológica a olho nú como ponto de partida para a discussão deste conceito). A identificação das potencialidades pedagógicas possibilitou, desse modo,

definir objetivos contundentes de aprendizagem para a SD em construção. Além disso, viabilizou reflexões sobre metodologias de ensino viáveis para a sua implementação, sinalizando que caminhos metodológicos poderiam ser percorridos se determinamos objetivos de aprendizagem fossem considerados. Desse modo, é possível perceber que o MRE de fato fornece um conjunto de aparatos que fundamenta de modo sistemático o processo de planejamento de um ambiente de ensino e aprendizagem.

De posse deste aparato, foi construída uma SD que objetivou, de modo geral, abordar o conceito de biodiversidade em uma perspectiva integral e polissêmica. Para tal, foi escolhida como metodologia de ensino as questões sociocientíficas (QSC), pois que por meio delas é possível oferecer aos estudantes diferentes maneiras e contextos para pensar um determinado conteúdo científico. Associado a isto, foram utilizadas uma multiplicidade de estratégias didáticas que buscavam viabilizar diferentes formas de fazer construções sobre o conceito, como: interpretação de vídeos, realização de pesquisas bibliográficas, leitura e interpretação de textos, análise de diálogos entre personagens de uma história, entre outras possibilidades. Assim, a SD construída foi composta por sete encontros, tendo cada um deles entre cinco e seis ações didáticas. O passo seguinte da pesquisa foi realizar o processo de validação por pares desta SD. Este processo buscou analisar o potencial da SD como ferramenta facilitadora para o ensino e permitiu sua revisão e aprimoramento com base em avaliações feitas por pesquisadores do ensino de biologia.

Foi dessa forma que encontramos argumentos para corroborar a ideia de que o MRE é um modelo teórico e metodológico efetivo para auxiliar no desenvolvimento de ambientes de ensino e aprendizagem pautados em critérios não arbitrários. Estes critérios são moldados por meio da interação entre a análise da estrutura do conteúdo, a investigação sobre as perspectivas dos estudantes e os objetivos de ensino. Assim, o MRE fornece um conjunto de diretrizes que auxiliam de maneira significativa o processo de *design* de ambientes de ensino e aprendizagem da ciência. Essas diretrizes são as orientações educacionais, as potencialidades pedagógicas e as características teóricas e metodológicas do conteúdo da ciência, que vão sendo identificadas à medida que o MRE vai sendo utilizado.

Além disso, o Quadro Intermediário da Reconstrução Educacional abrange uma nova interpretação para o processo de ensino e aprendizagem pautado na mudança conceitual, incitando discussões que contribuem para a revisão e reflexão desta grande teoria. Desse modo, reforçamos a ideia de que os quadros intermediários também têm o papel de retomar as discussões postas pelas grandes teorias e, quando necessário, propor novas interpretações e discussões. Segundo Kattmann (2007), as grandes teorias alcançam uma nova qualidade no âmbito dos quadros intermediários, pois são revistas e revisadas, e por isso seria um equívoco considerá-los apenas como um aglomerado de teorias parciais.

Por fim, defendemos ainda que os quadros intermediários podem servir como um apoio importante para professores que desejam inserir, em suas práticas, planejamentos pautados não apenas em seu conhecimento tácito, mas também em orientações teóricas explícitas. Estas que, nos quadros intermediários, tornam-se mais acessíveis aos professores, que geralmente não dispõem nem de tempo e nem de recursos para se aprofundarem em todos os tópicos das grandes teorias educacionais, filosóficas e/ou epistemológicas.

REFERÊNCIAS

- Anderson, T., & Shattuck, J. (2012). *Design-Based Research: A Decade of Progress in Education Research? Educational Researcher*, 41(1), 16–25. Recuperado de <https://doi.org/10.3102/0013189X11428813>
- Chalmers, A. F., & Fiker, R. (1993). *O que é ciência afinal?*. São Paulo, SP: Brasiliense.
- Duit, R., Gropengießer, H., Kattmann, K., Komorek, M., & Parchmann, I. (2012). The Model of Educational Reconstruction – A Framework for Improving Teaching and Learning Science. In D. Jorde & J. Dillon (Eds.), *Science Education Research and Practice in Europe: Restorative and Prospective* (pp. 13–38). Sense Publishers. https://doi.org/10.1007/978-94-6091-900-8_2
- Duit, R. (2006a). La investigación sobre enseñanza de las ciencias. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 11, 741–770.
- Duit, R. (2006b). Science Education Research—An Indispensable prerequisite for improving instructional practice. In *ESERA Summer School, Braga* (pp. 1–18). Recuperado de <http://www.esera.org/media/summerschool/esera2006/DUITBR.pdf>

- Duit, R., Gropengießer, H., Kattmann, U., Komorek, M., & Parchmann, I. (2012). *The Model of Educational Reconstruction: A Framework for Improving Teaching and Learning Science*. (D. Jorde & J. Dillon, Eds.), *Science Education Research and Practice in Europe: Restorative and Prospective*. Rotterdam, The Netherlands: Sense Publishers.
- Duit, R., Treagust, D. F., & Widodo, A. (2013). Teaching Science for Conceptual Change. *International Handbook of Research on Conceptual Change*, (10872), 487–503. <https://doi.org/10.4324/9780203154472.ch25>
- El-Hani, C., & Bizzo, N. V. (2002). Formas de construtivismo: Teoria da mudança conceitual e construtivismo contextual. In *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências* (pp. 1–25). <https://doi.org/10.1590/1983-21172002040104>
- Felzmann, D. (2014). Using Metaphorical Models for Describing Glaciers. *International Journal of Science Education*, 36(16), 2795–2824. <https://doi.org/10.1080/09500693.2014.936328>
- Fischler, H. (2011). *Didaktik Didaktik* —An Appropriate Framework for the Professional Work of Science Teachers SCIENCE TEACHERS ? In *The Professional Knowledge Base of Science Teaching* (pp. 31–50). Dordrecht: Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-90-481-3927-9_3
- Howe, K. R., & Berv, J. (2000). Constructing Constructivism, Epistemological and Pedagogical. In D. C. Phillips (Ed.), *Constructivism in education: Opinions and second opinions on controversial issues*. (pp. 19–40). Chicago: National Society for the Study of Education.
- Kattmann, U. (2007). Didaktische Rekonstruktion – eine praktische Theorie. In *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung*. (pp. 93–104). Berlin: Springer Netherlands.
- Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H., & Komorek, M. (1996). Educational Reconstruction – Bringing Together Issues of Scientific Clarification and Students' Conceptions. In *Annual Meeting of the National Association of Research in Science Teaching (NARST)* (p. 19). <https://doi.org/Kiel>
- Kersting, M., Henriksen, E. K., Bøe, M. V., & Angell, C. (2018). General relativity in upper secondary school: design and evaluation of an online learning environment using the model of educational reconstruction. *Physical Review Physics Education Research*, 14, 010130. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.14.010130>
- Klafki, W. (1995). Didactic analysis as the core of preparation of instruction (Didaktische Analyse als Kern der Unterrichtsvorbereitung). *Journal of Curriculum Studies*, 27(1), 13–30.
- Komorek, M., & Kattmann, U. (2008) The model of educational reconstruction. In Mikelskis-seifert, S., Ute, R., Brückmann, M. (Eds.). *Four decades of research in science education: from curriculum development to quality improvement* (pp. 171-188). Münster/newyork/münchen/berlin: Waxmann.
- Labudde, P. (2008) The role of constructivism in science education: yesterday, today and tomorrow. In Mikelskis-seifert, S., Ute, R., Brückmann, M. (Ed.). *Four decades of research in science education: from curriculum development to quality improvement* (pp. 139-156). Münster/newyork/münchen/berlin: Waxmann.
- Matta, A. E. R., Silva, F. P. S., & Boaventura, E. M. (2014). Design-based research ou pesquisa de aplicada de inovação em educação do século xxi. *Revista Da FAEEBA – Educação e Contemporaneidade*, 23(42), 23–36.
- McKenney, S. E., & Reeves, T. C. (2012). *Conducting Educational Design Research*. Abingdon, Oxon: Routledge.
- McKenney, S., & Reeves, T. C. (2014). Educational design research. In J. M. Spector, M. D. Merrill, J. Elen, & M. J. Bishop (Eds.), *Handbook of research on educational communications and technology* (4th ed., p. 1005). Springer Netherlands.
- Méheut, M., & Psillos, D. Teaching-learning sequences: Aims and tools for science education research. *International Journal of Science Education*, 26(5), 515–535.
- Neves, R. F. (2015). *Abordagem do conceito célula: uma investigação a partir das contribuições do Modelo de Reconstrução Educacional (MRE)*. UFRPE. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

- Niebert, K., & Gropengieber, H. (2014). Understanding the Greenhouse Effect by Embodiment - Analysing and Using Students' and Scientists' Conceptual Resources. *International Journal of Science Education*, 36(2), 277–303. <https://doi.org/10.1080/09500693.2013.763298>
- Niebert, K., & Gropengiesser, H. (2013). The Model of Educational Reconstruction : A framework for the Design of Theory-based Content Specific Interventions . The example of Climate Change. In *Educational design research – Part B: Illustrative cases* (pp. 511–531). Enschede, the Netherlands: SLO.
- Pereira, A. P. (2012). Distribuição conceitual no ensino de física quântica: uma aproximação sociocultural às teorias de mudança conceitual. [s.l.]. (Tese de doutorado.). Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.
- Pereira, A. P. (2017). Um Panorama da Pesquisa Internacional sobre Mudança Conceitual. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 17(1), 215–242.
- Phillips, C. D. (2000). Constructivism in Education: Opinions and Second Opinions on Controversial Issues. *Ninety-Ninth Yearbook of the National Society for the Study of Education*, p. 340.
- Pietrocola, M. (2002). A Matemática como estruturante do conhecimento físico. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 19(1), 93-114.
- Pintrich, P. R., Marx, R. W., & Boyle, R. A. (1993). Beyond cold conceptual change: The role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Review of Educational Research*, 63, 167–199.
- Plomp, T. (2007). Educational design research: an introduction. In T. Plomp & N. Nieveen (Eds.), *An introduction to educational design research* (p. 130). Shanghai: Proceedings of the seminar conducted at the East China Normal University.
- Queiroz, G. R. P. C., & Barbosa-Lima, M. C. A. (2007). Conhecimento Científico, seu Ensino e Aprendizagem: atualidade do construtivismo. *Ciência & Educação (Bauru)*, 13(3), 273–291. <https://doi.org/10.1590/s1516-73132007000300001>
- Reinfried, S., Aeschbacher, U., Kienzler, P. M., & Tempelmann, S. (2015). The model of educational reconstruction - a powerful strategy to teach for conceptual development in physical geography: the case of water springs. *International Research in Geographical and Environmental Education*, 24(3), 237–257. <https://doi.org/10.382046.2015.1034459>
- Reinfried, S., Mathis, C., & Kattmann, U. (2009). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion. Eine innovative Methode zur fachdidaktischen Erforschung und Entwicklung von Unterricht. *Beiträge Zur Lehrerinnen- Und Lehrerbildung*, 3(27), 404–414.
- Riemeier, T., & Gropengieber, H. (2008). On the roots of difficulties in learning about cell division: Process-based analysis of students' conceptual development in teaching experiments. *International Journal of Science Education*, 30(7), 923–939. <https://doi.org/10.1080/09500690701294716>
- Ruthven, K., Laborde, C., Leach, J., & Tiberghien, A. (2009). Design tools in didactical research: instrumenting the epistemological and cognitive aspects of the design of teaching sequences. *Educational Researcher*, 38(5), 329–342. <https://doi.org/10.3102/0013189X09338513>
- Sam, A., Niebert, K., Hanson, R., & Twumasi, A. K. (2015). the Model of Educational Reconstruction: Scientists' and Students' Conceptual Balances To Improve Teaching of Coordination Chemistry in Higher Education. *International Journal of Academic Research and Reflection*, 3(7), 1–11.
- Sander, E., Jelemenská, P., & Kattmann, U. (2006). Towards a better understanding of ecology, *Journal of Biological Education*, 40(3), 119-123. <http://dx.doi.org/10.1080/00219266.2006.9656028>
- Sarmiento, A. C. H., Muniz, C. R. R., Silva, N. R., Pereira, V. A., Santana, M. A. S., Sá, T. S., & El-Hani, C. N. (2013). Investigando princípios de Design de uma sequência didáctica sobre metabolismo energético. *Ciência & Educação*, 19(3), 573–598. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132013000300006>
- Shattuck, J., & Anderson, T. (2013). Using a Design-Based Research Study to Identify Principles for Training Instructors to Teach Online. *International Review of Research in Open and Distance Learning*, 14(5),

186–210.

- Stavrou, D. (2015). Educational reconstruction of nonlinear systems: transforming the science content into a content into a content for instruction. In *ESERA* (pp. 785–791).
- Van den Akker, J. (1999). *Design Approaches and Tools in Education and Training*. (J. van den Akker, R. M. Branch, K. Gustafson, N. Nieveen, & T. Plomp, Eds.), *Design Approaches and Tools in Education and Training*. Dordrecht: Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-94-011-4255-7>
- Van Dijk, E. M., & Kattmann, U. (2007). A research model for the study of science teachers' PCK and improving teacher education. *Teaching and Teacher Education*, 23(6), 885–897. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2006.05.002>
- Viiri, J., & Savinainen, A. (2008). Teaching-learning sequences: A comparison of learning demand analysis and educational reconstruction. *Latin-American Journal of Physics Education*, 2(2), 80–86. <https://doi.org/1870-9095>
- Werneck, V. R. (2006). Sobre o processo de construção do conhecimento: O papel do ensino e da pesquisa. *Ensaio Avaliação em Políticas Públicas em Educação*, 14(51), 173–96. <https://doi.org/10.1590/S0104-40362006000200003>
- Zabala, A. (1998). *A prática educativa: como ensinar*. Porto Alegre, RS: Artmed.

Recebido em: 07.05.2019

Aceito em: 07.04.2020