



ENGENHARIA DIDÁTICA

Maurício A. Saraiva de Matos Filho¹

¹Curso de Administração de Empresas – Faculdade Estácio Recife (FIR)
Av. Engenheiro Abdias de Carvalho, Nº 1678 – Recife – PE – Brazil

mauriciosaraivamatos@outlook.com

Abstract. *This paper aims to present a didactic engineering as a possibility for methodological research related to didactics of mathematics. The notion of didactic engineering, built by the Didactic of Mathematics, has a dual function. It can be understood both as a research methodology resulting from a priori analysis, or as a production instruction of a specific content, ie a sequence of class (s), designed (s), organized (s) and articulated (s) in time, consistently, for a teacher. The experimental process of didactic engineering methodology consists of four phases: preliminary analyzes; design and analysis of a priori; experimentation, a posteriori analysis and validation.*

Resumo. *O presente artigo tem por objetivo apresentar a engenharia didática como uma possibilidade metodológica para as pesquisas relacionadas à Didática da Matemática. A noção de engenharia didática, construída pela Didática da Matemática, possui dupla função. Pode ser compreendida tanto como uma metodologia de pesquisa ou como uma produção para o ensino de determinado conteúdo, ou seja, uma sequência de aula(s), concebida(s), organizada(s) e articulada(s) no tempo, de maneira coerente, por um professor. O processo experimental da metodologia da engenharia didática é constituído por quatro fases: análises prévias; concepção e análise a priori; experimentação, análise a posteriori e validação.*

1. Introdução

Neste artigo é abordada a metodologia de pesquisa denominada de “engenharia didática”. Essa metodologia se estabeleceu com o objetivo de analisar as situações didáticas que são objetos de estudo da Didática da Matemática.

A Didática da Matemática surge como uma área de investigação no processo de ensino e de aprendizagem dos conceitos da Matemática, a partir da década de 60, quando da criação dos Institutos de Pesquisa em Educação Matemática (IREM) na França (GÁLVEZ, 2001).

Dentre os estudos desenvolvidos pela Didática da Matemática, a Teoria das Situações Didáticas, desenvolvida por Guy Brousseau e as reflexões sobre Transposição Didática proposta por Yves Chevallard, têm sido citadas por vários pesquisadores como uma referência teórica para o processo de aprendizagem matemática em sala de aula.

O espaço da sala de aula é caracterizado de acordo com a Teoria das Situações Didáticas pela tríade professor, aluno e o saber. Esses três elementos são os

componentes principais de um sistema didático. A relação dessa tríade (professor-aluno-saber) constitui uma relação triangular, que é denominada por Brousseau (1996) como Triângulo das Situações Didáticas.

Freitas (1999) destaca, ainda, que é possível relacionar na estrutura teórica das situações didáticas uma série de outras teorias das quais o contrato didático, os obstáculos epistemológicos, dialética ferramenta-objeto, engenharia didática e transposição didática são exemplos. Desta forma, este artigo tem por objetivo apresentar a engenharia didática como uma possibilidade metodológica para as pesquisas relacionadas à Didática da Matemática.

Segundo Machado (1999), baseado nos estudos de Artigue (1988) e Douady (1990), a noção de engenharia didática, construída pela Didática da Matemática, possui dupla função: ela pode ser compreendida tanto como uma metodologia de pesquisa, (resultante de uma análise a priori - que será discutida mais adiante), como uma produção para o ensino de determinado conteúdo, ou seja, uma sequência de aula(s), concebida(s), organizada(s) e articulada(s) no tempo, de maneira coerente, por um professor.

Foi sobretudo nas concepções de engenharia didática propostas por Michèle Artigue que este trabalho buscou fundamentos teóricos.

O termo Engenharia Didática deve-se à analogia ao trabalho de um engenheiro, no caso um educador (ou um pesquisador em didática), que prepara um projeto de ensino (ou de pesquisa) para ser desenvolvido no contexto da sala de aula. Essa analogia ao trabalho do engenheiro está relacionada à concepção, planejamento e execução de um projeto, que se fundamenta em conhecimentos científicos. As etapas de um projeto podem se deparar com situações mais complexas do que as previstas, necessitando fazer escolhas e tomar novas decisões, tornando a execução do projeto um processo dinâmico e passível de adaptação às condições encontradas no contexto, no caso, a sala de aula.

Segundo Artigue (1996), a noção de Engenharia Didática surgiu na didática da matemática, de influência francesa, no início da década de 80, com o objetivo de destacar uma forma de trabalho didático. A Engenharia Didática tem uma forma muito reservada de organizar os procedimentos metodológicos da pesquisa, contemplando desde a dimensão teórica até a dimensão experimental. E essa capacidade de interligar a investigação (plano teórico) com a ação (plano experimental) da prática educativa pode ser apontada como uma das vantagens em conduzir a pesquisa por essa metodologia.

Artigue descreve que nessa forma de trabalho o papel do professor/pesquisador é

[...] comparável ao trabalho do engenheiro que, para realizar um projeto, se apoia nos conhecimentos científicos do seu domínio, aceita submeter-se a um controle de tipo científico mas, ao mesmo tempo, se encontra obrigado a trabalhar sobre objectos muito mais complexos do que os objectos depurados da ciência, e portanto a estudar de uma forma prática, com todos os meios ao seu alcance, problemas de que a ciência não quer ou ainda não é capaz de se encarregar. (1996, p.193)

Pais (2001), destaca que, assim como o trabalho do engenheiro o educador necessita também de um conjunto de conhecimentos sobre os quais ele desempenha o

seu domínio profissional. Contudo, quando se faz essa analogia entre didática e o trabalho do engenheiro, exige-se evidenciar que o modelo teórico não é capaz de dar conta de todos os desafios relativos à complexidade do objeto educacional.

Artigue (1996) descreve algumas características gerais inerentes a essa metodologia de investigação científica. Para essa pesquisadora a Engenharia Didática se caracteriza por um esquema experimental apoiado em ‘realizações didáticas’ na sala de aula, ou seja, baseado na concepção, realização, observação e na análise de sequências de ensino. Neste sentido, ela distingue dois níveis de engenharia didática: o da microengenharia e o da macroengenharia. A primeira está relacionada às pesquisas que têm por objeto de estudo um determinado assunto. Elas são realizadas de forma local e consideram principalmente a complexidade dos fenômenos de sala de aula. A macroengenharia são aquelas pesquisas que possibilitam constituir a complexidade dos estudos da microengenharia com a dos fenômenos ligados à duração nas relações ensino/aprendizagem. Esses tipos de pesquisa se complementam e por isso são indispensáveis. (MACHADO, 1999, p. 19).

Artigue ainda destaca que a engenharia didática se caracteriza também pelo registro dos estudos realizados no qual se situa e pelos modos de validação que lhe estão associados. Na qual a diferença entre as investigações que se apóiam na Engenharia Didática e outras formas de pesquisa, baseadas também na experimentação em contextos de ensino e de aprendizagem, é o modelo de validação utilizado. As investigações que lançam mão de experimentações na sala de aula, normalmente estabelecem uma abordagem comparativa com validação externa dos desempenhos de grupos externos e de grupos testemunhos. Para esta pesquisadora este não é o paradigma da engenharia didática, que se coloca na posição oposta, ou seja, a validação é realizada no confronto entre a análise a priori, que se apóia no quadro teórico e a análise a posteriori, sendo considerada uma validação interna.

Este trabalho tem por objetivo apresentar as ideias da engenharia didática como uma possibilidade metodológica para as pesquisas relacionadas à Didática da Matemática. A execução dessa pesquisa foi a partir de dados secundário, coletados principalmente em trabalhos de Artigue (1996) e Brousseau (1996). Desta forma, este estudo caracteriza-se como teórico conceitual sobre a engenharia didática, pois, apresenta a organização coerente de ideias sobre esse tema. As quais serão apresentadas a seguir.

2. As Fases da Engenharia Didática

O processo experimental da metodologia da engenharia didática é constituído por quatro fases:

- 1ª fase: de análises prévias;
- 2ª fase: de concepção e da análise a priori;
- 3ª fase: de experimentação;
- 4ª fase: de análise a posteriori e validação.

2.1. As Análise Prévias

As análises prévias de acordo com a noção de engenharia didática são realizadas através de considerações acerca do quadro teórico didático geral e sobre conhecimentos didáticos já adquiridos anteriormente e em outras análises preliminares, que segundo Artigue (1996), na maioria das vezes são:

- a análise epistemológica dos conteúdos visados pelo ensino;
- a análise do ensino habitual e dos seus efeitos;
- a análise das concepções dos alunos, das dificuldades e obstáculos que marcam a sua evolução;
- a análise do campo de constrangimento no qual virá a situar-se a realização didática efetiva;
- e, naturalmente, tendo em conta os objetivos específicos da investigação. (p.198)

Nessa fase é onde se estudam as possíveis causas do problema de pesquisa, bem como as formas pelas quais se poderá tratá-lo, e onde se procura determinar as condições de existência de um funcionamento mais satisfatório para esse ponto do sistema didático. Para Machado (1999), as análises prévias são desenvolvidas principalmente para fundamentar a concepção da engenharia. É claro que cada uma delas ocorrerá ou não, dependendo do objetivo da pesquisa, e este determinará o grau de profundidade dessas análises.

2.2 Concepção e Análise a Priori

Esta fase é de fundamental importância para a pesquisa. A partir das análises prévias realizadas o pesquisador adota a decisão de agir sobre as variáveis que presume serem importantes ao problema da pesquisa e também sobre as variáveis que podem conduzir a caminhos ou soluções para o problema.

Artigue (1996) descreve que para facilitar a análise dessa fase da engenharia é necessário distinguir dois tipos de variáveis de comando:

- as variáveis macro-didáticas ou globais, que dizem respeito à organização global da engenharia;
- e as variáveis micro-didáticas ou locais, que dizem respeito à organização local da engenharia, isto é, à organização de uma sessão ou de uma fase, podendo umas e outras ser, por sua vez, variáveis de ordem geral ou variáveis dependentes do conteúdo didático cujo ensino é visado. (p.202)

Para Machado (1999) essas variáveis podem ser de ordem geral ou de ordem específica, ou seja, depende do conteúdo didático que será ensinado. Por exemplo, se a variável for micro-didática, conservam-se as variáveis intrínsecas ao problema, que são de ordem geral, e as variáveis que dependem da situação, ligadas à organização e à gestão do meio, que serão específicas. Machado destaca, ainda, que a descrição de cada fase da engenharia é precedida pelas escolhas de ordem geral, global, e que essas influem nas escolhas locais. Ele salienta que, embora as escolhas globais possam aparecer separadamente das escolhas locais, elas são interdependentes.

Para Artigue (1996), a análise a priori deve ser compreendida como uma análise do controle do sentido. Este aspecto deve ser levado em consideração, pois a teoria

construtivista aborda o princípio do compromisso do aluno na construção dos seus conhecimentos por intermédio de interações com determinado meio. A teoria das situações didáticas que fundamenta a metodologia da engenharia possui, desde o seu princípio, a aspiração de se constituir como uma teoria do controle das relações entre sentido e situação.

Esta pesquisadora descreve que “o objetivo da análise a priori é determinar de que forma permitem as escolhas efectuadas controlar os comportamentos dos alunos e o sentido desses comportamentos”(p.205). Para isso, institui-se em hipóteses; e essas hipóteses é que estarão, em princípio, indiretamente no confronto, que será realizado na quarta fase, entre a análise a priori e a análise a posteriori.

A análise a priori se constitui de uma parte descritiva e de uma parte preditiva, e está centrada nas características de uma situação a-didática que se desejou formar e que se quer aplicar aos alunos pela experimentação. (ARTIGUE, 1996, p.205). Na análise a priori

- descrevem-se as escolhas efectuadas ao nível local (remetendo-se, eventualmente, para escolhas globais), e as características da situação a-didática que delas decorrem,
- analisa-se o peso que o investimento nesta situação pode ter para o aluno, particularmente em função das possibilidades de ação, de escolha, de decisão, de controle e de validação de que ele dispõe, uma vez operada a devolução, num funcionamento quase isolado do professor,
- prevêem-se os campos de comportamentos possíveis e procura-se mostrar de que forma a análise efectuada permite controlar o sentido desses campos e assumir, em particular, que os comportamentos esperados, se intervierem, resultarão claramente da aplicação do conhecimento visado pela aprendizagem. (Ibid, p.205).

Portanto, é nessa fase da engenharia que se realiza a previsão das ações e dos comportamentos dos alunos que poderão ocorrer durante a aplicação da sequência didática. Desta forma, é nesse momento que se elaboram as atividades que constituem a sequência didática.

A sequência didática é centrada no aluno, pois ele é o agente principal de sua aprendizagem. Quanto ao professor, seu papel é oferecer atividade por meio da devolução, de fazer a institucionalização¹ e sua presença está também no contrato didático² que transpassa o desenvolvimento da sequência didática.

¹ Brousseau distingue quatro tipos de situação, cuja sequência nos processos didáticos que organiza é a seguinte (PAIS, 2001): Situação de ação; Situação de formulação; Situação de validação e Situação de institucionalização. A qual pode ser definida como a situação que ocorre sob o controle do professor. É a ocasião onde se tenta realizar a passagem do conhecimento, do território individual e particular, para a dimensão histórica e cultural do saber científico. É através dessas situações que o saber passa a ter um estatuto de referência para o aluno. Desta forma, esse conhecimento torna-se aprazível pelos alunos com o estatuto de um saber não localizado. Todavia, essas situações legitimam-se pela instância de fixar, através de uma convenção, o estatuto de um saber, pois certas situações necessitam o reconhecimento externo, apto a lhe conceder uma validação social, mesmo que seja no contexto da sala de aula (ibid, 2001).

² A noção de Contrato Didático, descrita por Brousseau (1986) diz respeito às regras que regem a quase totalidade do funcionamento da educação escolar, em seus diversos níveis. (PAIS, 2001).

2.3 Experimentação

É nesta fase que a sequência didática se caracteriza por esquema experimental no contexto da pesquisa, para com isso utilizar outros recursos.

Para Pais (2001), “uma seqüência didática é formada por certo número de aulas (também denominadas de sessões) planejadas e analisadas previamente com a finalidade de observar situações de aprendizagem, envolvendo os conceitos na pesquisa”. (p. 102). Para esse pesquisador a execução da sequência didática é também uma fase de fundamental importância para certificar a proximidade dos resultados práticos com a análise teórica.

Segundo Machado (1999), essa fase é clássica. Essa etapa da engenharia se inicia através do contato do pesquisador/professor/observador (es) com a população de alunos-objetos do estudo. E ela supõe:

- a explicitação dos objetos e condições de realização da pesquisa à população de alunos que participará da experimentação;
- o estabelecimento do contrato didático;
- a aplicação dos instrumentos de pesquisa;
- o registro das observações feitas durante a experimentação (observação cuidadosa descrita em relatório, transcrição dos registros audiovisuais, etc.). (p.206)

Em relação ao registro das observações Pais (2001) destaca que é necessário atentar para o maior número possível de informações que podem colaborar no desenvolvimento do fenômeno pesquisado. E também é indispensável preservar o princípio de que as situações reais da experiência sejam nitidamente descritas no relatório final da pesquisa.

Este pesquisador afirma que muitas pesquisas requerem a observação direta de atividades desenvolvidas pelos alunos, o que não consiste em uma atividade clara de ser registrada, tendo em vista as inúmeras relações nelas envolvidas. Por exemplo, o registro de atividades envolvendo a manipulação de sólidos geométricos determina um minucioso estudo preliminar para aumentar a confiabilidade da análise. Algumas dessas atividades podem ser filmadas, gravadas e outras apenas descritas pelo pesquisador. O que determina a escolha do tipo de registro da sequência são as variáveis priorizadas na análise a priori.

2.4 Análises a Posteriori e Validação

Nesta fase analisa-se a produção dos alunos, as observações realizadas em relação ao comportamento deles durante o desenvolvimento da sequência didática e todos os dados construídos no decorrer da experimentação.

Segundo Artigue (1996) esta etapa se apóia no conjunto de dados coletados a partir da experimentação.

Para Pais (2001), a análise a posteriori normalmente tende a se valorizar quando complementa os dados obtidos por meio de outras técnicas, como questionários, entrevistas, gravações, diálogos, entre outras. Esses podem, muitas vezes, ser úteis para uma melhor compreensão do fenômeno.

Contemplam-se, nesta fase, as expectativas declaradas na análise a priori. Confrontam-se análise a priori e análise a posteriori, validando, ou não, a hipótese da pesquisa. No confronto dessas duas análises é que se emprega indispensavelmente a validação das hipóteses envolvidas na investigação (ARTIGUE, 1996).

Pais (2001) destaca que do ponto de vista metodológico a validação é uma fase em que a vigilância deve ser reforçada, visto que se trata de certificar a existência do caráter científico. Sendo assim, a engenharia didática, enquanto procedimento metodológico, se fundamenta em registros de estudos de caso, cuja validade é interna e permeia o contexto da pesquisa realizada.

Artigue (1996) indica algumas dificuldades existentes na fase de validação encontradas nos trabalhos publicados sobre engenharia didática.

- Uma análise a priori é, em consequência da sua extensão, a fortiori quando se trata de um trabalho de micro-engenharia, praticamente incomunicável in extenso. Aquilo que é publicado e é visível do exterior, não é, pois, salvo se for um exercício escolar, um produto conforme à descrição teórica que dele se faz aqui, mas um condensado desse produto. São tomadas decisões e o possível controle exterior da comunidade sobre o procedimento de validação é necessariamente afectado por elas.

- Na maior parte dos textos publicados relativos a engenharias, o confronto das duas análises, a priori e a posteriori, exhibe distorções. Elas estão longe de ser sempre analisadas em termos de validação, a saber, investigando aquilo que, nas hipóteses consideradas, as distorções constatadas invalidam. Com grande frequência, os autores limitam-se a propor modificações da engenharia, visando a sua redução, sem se envolverem, pois, verdadeiramente, num procedimento de validação.

- As próprias hipóteses explicitamente envolvidas nos trabalhos de engenharia são, com grande frequência, hipóteses relativamente globais, que põem em jogo processos de aprendizagem a longo prazo, que a amplitude da engenharia não permite necessariamente fazer entrar, de facto, no procedimento de validação (p.209).

3. Considerações Finais

Pais (2001) descreve que no campo didático, a teoria e a experiência necessitam serem consideradas instâncias complementares da aprendizagem. Desta forma, a técnica da engenharia didática, ao interligar o aspecto científico com a prática pedagógica se insere na defesa desse pressuposto. Diante desta posição, toda racionalização deve ser apreciada de uma verificação experimental e, semelhantemente, toda experiência deve ser submetida a um exame racional. A ligação da engenharia didática com o aspecto teórico e experimental é nítida nas palavras de Artigue

A engenharia didática, vista como metodologia de pesquisa, se caracteriza, em primeiro lugar, por ser um esquema experimental baseado em realizações didáticas em classe, isto é, sobre a concepção, a realização, a observação e a análise de seqüências de ensino. (1996, p.247 apud Pais, 2001, p. 104).

Desta forma, a engenharia didática torna-se uma alternativa que aumenta o estado de influência do saber acadêmico na realidade do sistema de ensino. Neste sentido, o saber científico é composto pelos resultados da pesquisa, ao passo que suas verificações práticas estão ligadas ao saber a ser ensinado. Logo, a estrutura oferecida

pela engenharia didática sustenta a ligação entre esses dois saberes, unindo o ambiente acadêmico das práticas escolares. (ibid, p.104).

A escolha da engenharia didática como metodologia de pesquisa, justifica-se devido ao fato das técnicas tradicionais, tais como questionários, observações diretas, entrevistas, análises de livros, análise documental, são incapazes de dar conta da complexidade do fenômeno didático, especialmente, no contexto da sala de aula. A aceitação exclusiva de qualquer desses instrumentos na pesquisa didática não é aconselhável, especialmente, tendo em vista a diferença existente nas relações envolvidas na atividade pedagógica. Desta forma, a empregabilidade da engenharia didática intensifica a credibilidade da pesquisa e potencializa seu vínculo com a realidade da sala de aula (ibidem, p.108).

Referências

- Artigue, M. (1996) “Engenharia Didáctica”, In: DIDÁTICA DAS MATEMÁTICAS. Brun, J. (Org.). Lisboa: Instituto Piaget.
- Brousseau, G. (1986) “Fondementes e méthodes de la didactique des mathématiques”, Recherche en Didactique des Mathématiques, 7(2), 33-115.
- _____. (1996) “Fundamentos e métodos da didática da matemática”, In: Didáctica das Matemáticas. Brun, J. (Org.). Lisboa: Instituto Piaget.
- Freitas, J. L. M. de. (1999) “Situações Didáticas. In: Educação Matemática – uma introdução”, Machado, S. (Org.). São Paulo: Educ.
- Gálvez, G. (2001) “A didática da matemática”, In: Didática da Matemática Reflexões Psicopedagógicas. 2. ed. Trad. Juan Acuña Llorens. Parra, C. & Saiz, I. (Org.). Porto Alegre: Artmed.
- Machado, S. (1999) “Engenharia Didática”. In: Educação Matemática – uma introdução. Machado, S. (Org.). São Paulo: Educ.
- Pais, L. C. (2001) “Didática da Matemática; uma análise da influência francesa”, 2. ed. Belo Horizonte: Autêntica.