



**I Simpósio Latino-Americano de Didática da Matemática**

*01 a 06 de novembro de 2016*

*Bonito - Mato Grosso do Sul - Brasil*

**PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE EDUCATIVO:  
ANÁLISE TEÓRICA E EXPERIMENTAL COM RECURSO A TEORIA  
DA ORQUESTRAÇÃO INSTRUMENTAL**

Ricardo Tiburcio  
UFPE, Brasil  
rico.tiburcio@gmail.com

Franck Bellemain  
UFPE, Brasil  
f.bellemain@gmail.com

**Resumo:** Esse texto é fruto de uma Dissertação de Mestrado que teve como objetivo construir um processo de desenvolvimento de software para a aprendizagem da Matemática, integrando métodos da Engenharia de Softwares com princípios da Engenharia Didática numa perspectiva transdisciplinar de exploração das potencialidades teóricas e tecnológicas. A metodologia compôs-se da concepção, elaboração, experimentação e validação de um processo de software educativo. Em um estudo de caso, validamos o processo criado desenvolvendo, em colaboração com outros pesquisadores, um software sobre a taxa de variação de funções. Os resultados deste estudo mostram que a integração de pressupostos teóricos sobre o ensino e a aprendizagem de conhecimentos matemáticos com as potencialidades tecnológicas atuais é um fator a ser considerado para o desenvolvimento de softwares educativos, visto que o produto criado com essa perspectiva de articulação pôde contribuir para a aprendizagem de conhecimentos. Verificaram-se também lacunas no processo concebido, justificando a continuidade em um estudo de Doutorado. Com isso, observamos que a Teoria da Orquestração Instrumental é um referencial útil na construção de situações de utilização de softwares educativos, desde a concepção até a fase de testes. Assim, esse referencial será utilizado para aperfeiçoar o modelo criado.

**Palavras-chave:** Processo de desenvolvimento de software. Engenharia Didática. Engenharia de Software Educativo. Teoria da Orquestração Instrumental.

**Aspectos sobre o desenvolvimento de softwares educativos**

A crescente evolução das tecnologias faz com que o ensino de conhecimentos passe atualmente por uma reconfiguração, não apenas para acompanhar o desenvolvimento das tecnologias computacionais, de informação e comunicação colocando simplesmente essas tecnologias no ensino, mas para que essa evolução favoreça efetivamente as práticas educativas. De forma geral, as reconfigurações necessárias para integrar tecnologias ao ensino dizem respeito ao ensino (Orquestração Instrumental, Trouche, 2005) assim como às próprias tecnologias através do desenvolvimento de suportes computacionais *ad hoc*. A necessidade de

## **I Simpósio Latino-Americano de Didática da Matemática**

*01 a 06 de novembro de 2016*

*Bonito - Mato Grosso do Sul - Brasil*

adequação das tecnologias ao ensino é particularmente importante no caso das tecnologias computacionais. A riqueza de tratamento e interação oferecida pelas tecnologias computacionais está associada a uma maior complexidade de integração das mesmas, complexidade essa que diz respeito particularmente ao desenvolvimento de softwares educativos - SE.

Nesse contexto, consideramos como necessário para a concepção e o desenvolvimento de tais softwares a aplicação de uma engenharia específica, uma engenharia de software educativo. Entretanto, observamos as características peculiares dos SE oferecidos atualmente: estudos apresentam a problemática da qualidade dos SE disponíveis, indicando a ausência de uma engenharia que dê suporte a construção adequada dos programas com a finalidade de contemplar a maior quantidade possível de características dos conhecimentos que serão trabalhados. (BENITTI; SCHLINDWEIN; SEARA, 2005; SANTOS, 2009).

De acordo com Benitti et al, (2005, p. 2) “os softwares educacionais existentes – em sua grande maioria – possuem problemas que dificultam a sua utilização, dentre eles a falta de uma base pedagógica que fundamente a sua construção”. Com isso, compreende-se a relevância dessa base, citada pelos autores, como a necessidade de inserir na concepção do software requisitos sobre a aprendizagem e o ensino dos conhecimentos. Para Bellemain et al (2014, p. 4),

Enunciar a necessidade da articulação entre soluções tecnológicas e abordagem teórica pode parecer uma evidência, porém muitas soluções tecnológicas para o ensino não se apoiam em tal princípio. Ora são essencialmente tecnocêntricas, ou seja, buscam explorar a potencialidade da tecnologia, mas desconsideram a produção acadêmica (disciplinar e didática) sobre os conteúdos veiculados pela tecnologia, ora se apoiam nos conhecimentos sobre os conteúdos e sua didática, mas exploram muito pouco das potencialidades do computador (BELLEMAIN ET AL, 2014, p. 4).

Mesmo observando que existe atualmente um direcionamento para o desenvolvimento de SE considerando estudos teóricos sobre o ensino e a aprendizagem dos conhecimentos, os produtos criados, em sua grande maioria, ainda podem ser divididos em duas classes: os que exploram as potencialidades tecnológicas e os que estão fundamentados apenas nos estudos teóricos (TIBURCIO, 2016).

### **Relevância e objetivos do estudo**

## **I Simpósio Latino-Americano de Didática da Matemática**

*01 a 06 de novembro de 2016*

*Bonito - Mato Grosso do Sul - Brasil*

Uma das primeiras particularidades da realização do nosso Mestrado foi a perspectiva de associação de duas pesquisas com produtos finais distintos. Enquanto nosso estudo tinha por objetivo conceber e analisar, em estudo de caso, um processo de desenvolvimento de SE, o estudo de Silva (2016) tinha por objetivo construir um artefato tecnológico para o ensino e a aprendizagem do conceito de taxa de variação de funções. Com isso, criamos situações com as quais fosse possível promover as articulações necessárias para as investigações. Definimos a necessidade de reuniões periódicas (online e presenciais), utilização de ferramentas colaborativas de edição de textos, planilhas, desenhos, etc. para, em um momento inicial, compreender a proposta do software que se pretendia desenvolver. Nossa investigação fornecia subsídios para o desenvolvimento do software pretendido pelo outro pesquisador obtendo do outro estudo os requisitos iniciais, as situações de uso, entre outras situações intrínsecas ao desenvolvimento de um software.

Na perspectiva da elaboração de um software para o ensino e a aprendizagem de conhecimentos da Matemática, desenvolvemos, em uma primeira fase, uma metodologia que integra princípios teórico-metodológicos da Didática da Matemática à Engenharia de Software. Além disso, na perspectiva da elaboração de um artefato que favorece a atividade matemática do aprendiz no âmbito computacional (do tipo micromundo, simulação, etc.), trabalhamos na integração das primeiras etapas da Engenharia Didática (ARTIGUE, 1996) à Engenharia de Software. Nesse contexto, definimos o objetivo geral de construir, analisar e validar um Processo de Desenvolvimento de Softwares Educativos, sendo observados os métodos da engenharia de requisitos na Engenharia de Softwares integrados com uma Engenharia Didática, podendo ser definida como uma Engenharia Didático-Informática – EDI, na qual contemplamos especificamente as potencialidades teóricas (do ensino e aprendizagem de conhecimentos) e tecnológicas (da computação). Acreditamos que esse objetivo foi alcançado, no momento em que o processo desenvolvido foi validado no estudo de caso proposto. Ao desenvolvermos o SE pretendido, conseguimos aprimorar o que fora proposto no processo de software que estava em construção chegando a uma versão validada desse processo. Contudo, mesmo validando a metodologia de concepção e desenvolvimento do artefato através da colaboração com Silva (ibid.), o modelo proposto tem limitações seja

## **I Simpósio Latino-Americano de Didática da Matemática**

*01 a 06 de novembro de 2016*

*Bonito - Mato Grosso do Sul - Brasil*

pela natureza do produto considerado (trata-se de um micromundo e não de um EIAH<sup>1</sup> em seu sentido amplo), seja pelas suas funcionalidades e interface. Essas limitações justificam a continuidade da pesquisa e a busca do aprimoramento dos princípios teórico-metodológicos da engenharia de software educativo aqui discutidos.

### **Resultados do primeiro ciclo da Engenharia Didático-Informática**

Ao ser verificada a problemática do desenvolvimento de SE, consideramos como hipótese que uma engenharia que alie os estudos teóricos sobre a aprendizagem e ensino com as potencialidades tecnológicas pode promover a criação de artefatos tecnológicos que atendam às necessidades específicas dos conhecimentos envolvidos. Em nosso entendimento, essa engenharia não trata de justapor um estudo teórico pedagógico-didático elaborando requisitos, seguido de uma engenharia de software *strito senso*. Os processos de software são importantes para melhorar a qualidade dos produtos e aumentar o sucesso do projeto na medida em que o uso de metodologias e procedimentos podem facilitar o trabalho da equipe envolvida nas suas diversas etapas, tais como: análise das necessidades dos usuários, desenvolvimento, observação do uso e manutenção. Entendemos que as metodologias de concepção e desenvolvimento devem favorecer não a justaposição, mas a integração das competências, sobretudo, considerando o caso de softwares complexos, como os softwares educativos.

Obtivemos como resultado do primeiro ciclo do nosso estudo uma engenharia que auxilia o desenvolvimento de softwares para o ensino e a aprendizagem de conhecimentos matemáticos. Este ciclo compôs-se essencialmente de quatro etapas: *concepção, desenvolvimento, experimentação e validação*. É importante ressaltar que essas fases não ocorreram de forma sequencial, em diversas situações o desenvolvimento e a experimentação, por exemplo, estavam ocorrendo de forma síncrona, pois a experimentação fazia com que elementos fossem inseridos ou retirados do processo de software que estava em desenvolvimento. Mesmo assim, esclareceremos algumas características importantes de cada fase delimitada.

---

<sup>1</sup> Acompanhando Tchounikine (2004), consideramos EIAH como sendo uma tipologia de software que abrange uma variedade de trabalho e sistemas. Sua característica principal é a ligação de uma intenção didática e um ambiente informatizado. Esta intenção didática pode ser limitada à organização do sistema de formação em que se integram artefatos tecnológicos ou também se reflete no próprio artefato.

## I Simpósio Latino-Americano de Didática da Matemática

01 a 06 de novembro de 2016

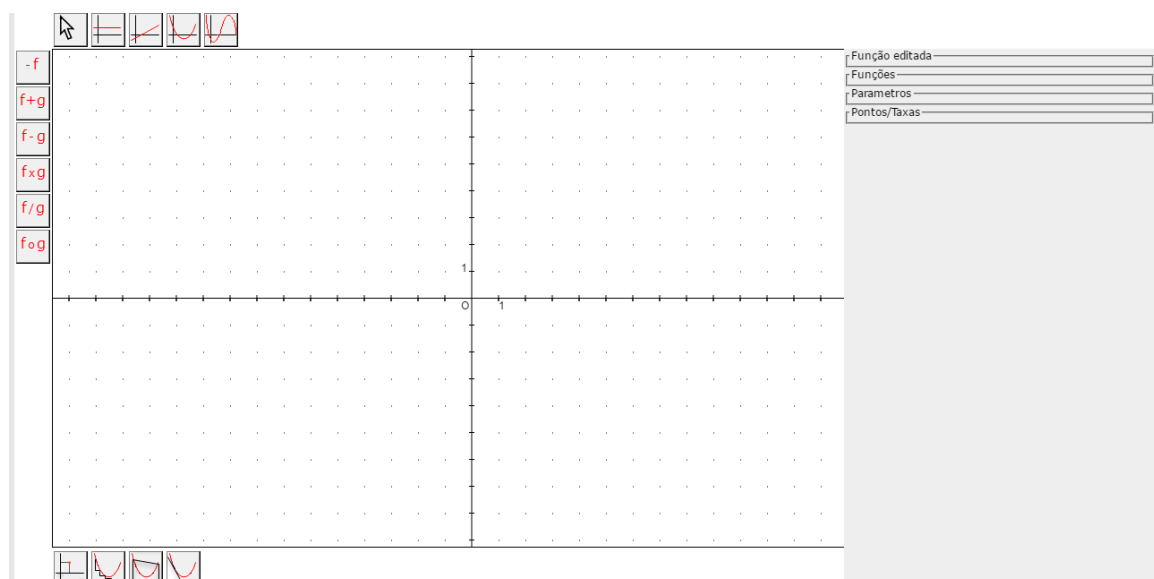
Bonito - Mato Grosso do Sul - Brasil

Na fase de *concepção* realizamos estudos teóricos e uma revisão de literatura para fundamentar o modelo de processo que seria desenvolvido. Nesses estudos observamos a necessidade da articulação entre teorias sobre ensino e aprendizagem a métodos da Engenharia de Software para a criação de artefatos tecnológicos que possam efetivamente contribuir para com a compreensão de conhecimentos matemáticos.

Na etapa do *desenvolvimento*, fundamentados no estudo teórico realizado na fase anterior, percebemos algumas limitações da Engenharia Didática referentes a concepção de artefatos tecnológicos: tal metodologia não contempla, em suas contribuições, a totalidade das necessidades para o desenvolvimento de softwares educativos. A Engenharia de Softwares, por sua vez, não contempla especificidades que os softwares educativos necessitam, A ES, em sua essência, não apresenta contribuições teóricas específicas para o ensino e a aprendizagem de conhecimentos matemáticos. Com isso, articulamos as engenharias (Didática e de Software) em uma perspectiva de complementação.

O processo de *experimentação* ocorreu em um estudo de caso em parceria com outros pesquisadores. O protótipo do processo de software foi testado em uma investigação que tinha por objetivo desenvolver um software para auxiliar a compreensão da taxa de variação de funções em uma abordagem variacional (SILVA, 2016). Neste estudo de caso conseguimos desenvolver, fundamentados na EDI, em equipe, o software pretendido. A figura seguinte exhibe a tela inicial do software.

FIGURA 1 – Tela inicial do software desenvolvido



Fonte: Silva, 2016.

## I Simpósio Latino-Americano de Didática da Matemática

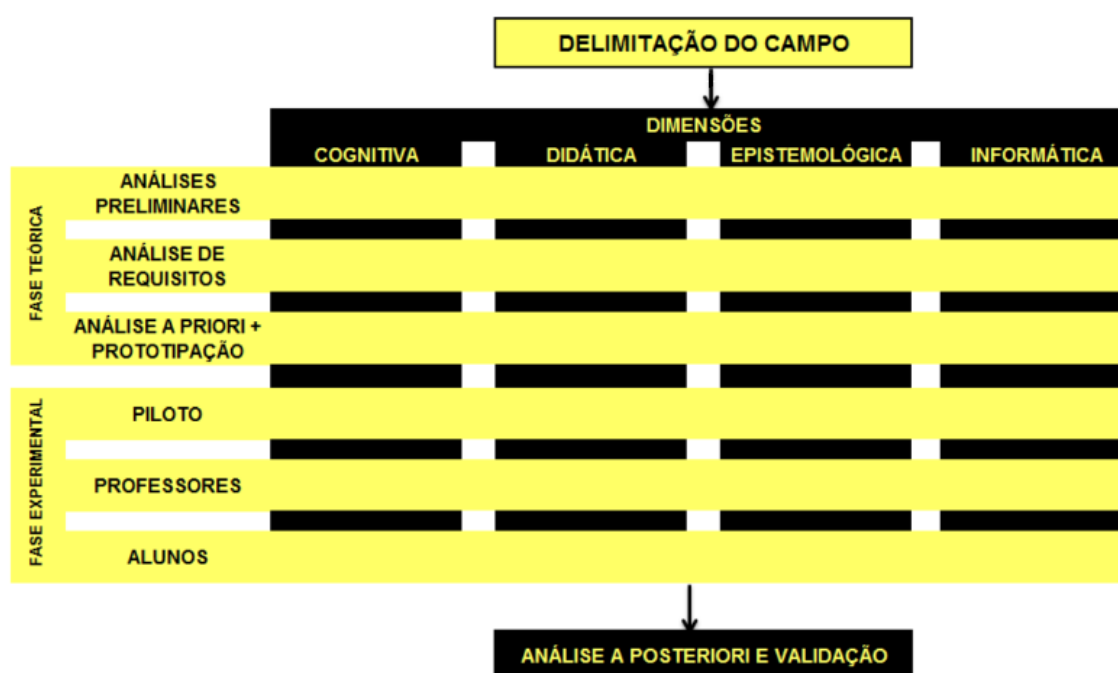
01 a 06 de novembro de 2016

Bonito - Mato Grosso do Sul - Brasil

No desenvolvimento do software obtivemos elementos de análise do modelo de processo que estava em criação. Os feedbacks, solicitações de implementações, alterações, entre outros, faziam com que reconsiderássemos características do modelo que estava em desenvolvimento. Finalizado o estudo de caso, iniciamos a análise dos resultados do desenvolvimento do software bem como o procedimento de *validação* deste primeiro ciclo do nosso estudo. Validamos a engenharia criada ao observarmos que a articulação de elementos pertinentes das engenharias Didática e de Software (A ED com os elementos de investigação teórica e experimental sobre o ensino e a aprendizagem e a ES com a padronização do desenvolvimento de softwares e métodos de obtenção de requisitos) favorece e auxilia o desenvolvimento de produtos que podem efetivamente contribuir para o ensino e a aprendizagem de conhecimentos matemáticos.

A partir dessa percepção associamos os conhecimentos de tais engenharias, propondo assim uma nova abordagem de desenvolvimento de produtos tecnológicos para o ensino e a aprendizagem de conhecimentos matemáticos (e outros possíveis): a Engenharia Didático-Informática - EDI. A figura seguinte apresenta os elementos desse modelo de processo de software educativo - SE.

FIGURA 2 – Modelo de Processo de Software Educativo: Engenharia Didático-Informática



Fonte: Tiburcio, 2016.

## **I Simpósio Latino-Americano de Didática da Matemática**

*01 a 06 de novembro de 2016*

*Bonito - Mato Grosso do Sul - Brasil*

A etapa de “*Delimitação do campo*” define qual conhecimento pretende-se abordar no software que será desenvolvido. Procura-se responder alguns questionamentos, dentre eles: quais conhecimentos matemáticos serão abordados com o software? Quais são os conhecimentos relacionados que também devem ser trabalhados? Quais profissionais podem auxiliar nesse desenvolvimento? Nas “*Análises preliminares*” é realizado um levantamento direcionado a conhecer quais são os encaminhamentos Didáticos, Epistemológicos, Cognitivos e Tecnológicos do conhecimento delimitado. Realiza-se um apanhado teórico sobre o campo de conhecimentos para dar início ao processo de levantamento de requisitos. Ao ser concluída a análise, as variáveis de comando norteiam o desenvolvimento do SE fornecendo os primeiros requisitos.

A “*Análise de requisitos*” delimita-se o campo de circunscritores. Nesta análise, o que fora levantado no procedimento anterior é investigado e, com o apanhado teórico realizado, encontram-se os requisitos para a produção do SE.

No procedimento de “*Prototipação e Análise a priori*” são delimitadas as situações de uso, os problemas que podem surgir com a utilização do software, as hipóteses de respostas dos usuários e no desenvolvimento do protótipo para iniciar os testes. A “*Fase Experimental: Piloto, Professores e Alunos*” serve para testar o protótipo de software: observar falhas, sugestões de melhorias (interface, comandos, botões, etc) e verificar se atende aos objetivos propostos.

Na fase final “*Análise a posteriori e Validação*”, a etapa da análise *a posteriori* consiste em confrontar as hipóteses com o que ocorreu na experimentação. Confrontar o estudo teórico realizado com a experimentação traz elementos de análise que contribuem para o aprimoramento do produto. O procedimento de “*Validação*” consiste na conclusão da análise realizada. Nesse momento, verifica-se se o conjunto (fase teórica e experimental) contribui para o ensino e a aprendizagem dos conhecimentos que foram delimitados. Considerando as dimensões da EDI (Epistemológica, Cognitiva, Didática e Informática) e os requisitos nelas levantados, analisa-se a eficácia do software em atendimento dos requisitos que foram definidos.

Na perspectiva de continuidade da Pesquisa de Mestrado concluída (TIBURCIO, 2016) observou-se, a partir dos resultados do estudo, que a Análise Teórica criada no Modelo de Processo de Software contempla aspectos de suma importância para o desenvolvimento de softwares educativos: da “*Delimitação do campo*” até o procedimento de criação do protótipo

## **I Simpósio Latino-Americano de Didática da Matemática**

*01 a 06 de novembro de 2016*

*Bonito - Mato Grosso do Sul - Brasil*

(Análise *a priori* + Prototipação) é possível realizar uma análise teórica que reúne os pressupostos da Engenharia de Softwares com o referencial teórico-metodológico da Engenharia Didática – ED (Artigue, 1996), porém ao serem verificadas lacunas neste processo, justificamos a continuidade propondo um novo ciclo.

### **Um novo ciclo da Engenharia Didático-Informática**

A fase experimental de um protótipo de software é de essencial importância para determinar elementos fundamentais à formulação e reformulação do produto de software em desenvolvimento. Isto porque esta fase poderá revelar elementos que não foram contemplados na concepção do software, seja nas análises teóricas, no mapeamento de requisitos, ou no levantamento das situações de utilização.

Porém, justificando a necessidade de um novo ciclo, faz-se necessário aprimorar a “Fase Experimental” do Modelo. o que será realizado utilizando pressupostos teóricos e metodológicos da Teoria da Orquestração Instrumental - TOI (TROUCHE, 2009), pois o mapeamento de variáveis que a TOI possibilita será capaz de apresentar, mesmo na fase de experimentação do software, contribuições para a concepção do produto. Percebe-se que o referencial da TOI é fundamental para o desenvolvimento e análise de situações didáticas com a utilização de artefatos tecnológicos. Com isso, acreditamos que é importante inserir princípios dessa teoria na fase de validação de um SE, acredita-se que ocorrerão contribuições significativas para a formulação e reformulação dos produtos que se pretende criar.

Com o exposto delimita-se com objetivo desta nova fase do estudo aperfeiçoar o modelo de Processo de Software educativo fundamentado na Engenharia Didático-Informática com recurso a Teoria da Orquestração Instrumental em suporte às fases teórica e experimental do processo. Elenca-se como objetivos específicos:

- Conceber orquestrações instrumentais para auxiliar a fase de testes do software em desenvolvimento;
- Conceber suportes à OI para facilitar a integração do software em situações didáticas.

### **Articulação teórica**



## I Simpósio Latino-Americano de Didática da Matemática

01 a 06 de novembro de 2016

Bonito - Mato Grosso do Sul - Brasil

A Teoria da Orquestração Instrumental (TROUCHE, 2004; 2005; 2009) configura-se como um dos aportes teórico-metodológicos que contribui quanto à criação de situações de ensino complexas e ricas em recursos tecnológicos tais como softwares educativos. Este referencial é útil, entre diversos outros aspectos, na delimitação de uma série de descritores a serem observados no processo de experimentação de um possível protótipo de software. Trouche (2005) formalizou a noção de orquestração para modelizar a atividade de elaboração e gerenciamento de situações com integração de tecnologias, por parte do professor – Escola de Altos Estudos (2015). De acordo com Trouche (2009),

Uma orquestração instrumental é a organização sistemática dos artefatos disponíveis em um determinado ambiente, estabelecendo o trabalho de uma determinada atividade matemática. A atividade matemática pode passar por várias fases: a descoberta do problema, a pesquisa individual, o trabalho em grupo, a partilha, o retorno reflexivo sobre a atividade. (TROUCHE, 2009. p. 36).

O trabalho de elaboração de uma situação ou sequência de ensino por um professor, mais ainda quando se trata de integrar tecnologias computacionais, pode ser assimilado a um trabalho de engenharia. Esta prática vem complementar a engenharia já realizada para a concepção e o desenvolvimento das tecnologias disponíveis. Neste processo, justifica-se a inserção da TOI ao quadro teórico que fundamentará esta pesquisa.

Com os primeiros resultados da nossa Pesquisa de Mestrado (TIBURCIO, 2016), duas situações devem ser consideradas: 1. A utilização de novas tecnologias por si só não é suficiente para uma melhora significativa do ensino e da aprendizagem de conhecimentos; 2. O desenvolvimento de *softwares* educativos deve considerar, além dos aportes tecnológicos, elementos oriundos das reflexões a respeito do ensino e do ensino com tecnologias.

Em resposta a primeira situação apresentada no parágrafo anterior, observa-se em Trouche (2004) a necessidade da organização formal, bem como um planejamento prévio, para a criação de situações que viabilizem a aprendizagem matemática com “artefatos”, sejam eles tecnológicos ou não. De acordo com ele, a orquestração é decomposta em dois elementos essenciais: a configuração didática e o modo de exploração,

Uma orquestração instrumental é definida pelas *configurações didáticas* (ou seja, o layout dos artefatos disponíveis no ambiente, com um layout para cada etapa do tratamento matemático) e pelo *modo de exploração* dessas configurações e aponta a necessidade de direção externa na gênese instrumental que estão imbuídos dentro da coordenação de um conjunto de

## **I Simpósio Latino-Americano de Didática da Matemática**

*01 a 06 de novembro de 2016*

*Bonito - Mato Grosso do Sul - Brasil*

instrumentos e na organização dos sujeitos envolvidos (professores, aluno e tempo) no ambiente de trabalho e/ou estudo. A Gênese Instrumental, é um “processo complexo, e ligada às características dos artefatos (suas *potencialidades* e *restrições*) e à atividade do sujeito, sua / seu conhecimento e método de trabalho” (TROUCHE , 2004, p. 285, tradução nossa).

Ao se observar o atual cenário de desenvolvimento de SE para o aprimoramento do Modelo de Processo de Software proposto nesse estudo é necessário conhecer as contribuições das pesquisas na área da Didática da Matemática, visto que o modelo será construído para a concepção e desenvolvimento de produtos para o ensino e a aprendizagem da Matemática. Para aliar os pressupostos da Engenharia de Softwares com as pesquisas da Didática da Matemática utilizamos a Engenharia Didática – ED (ARTIGUE, 1996). A noção de ED, segundo Artigue (1996),

[...] emergiu em didática da matemática no início da década de 1980, com o objetivo de classificar uma forma do trabalho didático: aquela que era comparável ao trabalho do engenheiro que, para realizar um projeto preciso, 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 objetos muito mais complexos do que os objetos 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 (ARTIGUE, 1996, p.193).

Ao analisar o termo ‘trabalho didático’ verifica-se que o Engenheiro de Software Educativo realiza essa atividade ao se apoiar nos conhecimentos científicos do seu domínio, a utilizar uma metodologia científica para desenvolver seus produtos, mas trabalha com objetos complexos, pois a concepção de SE é um processo que tem especificidades muito diferentes do desenvolvimento de aplicativos comerciais, bancários ou domésticos. Em consequência, acredita-se que a utilização da ED articulada com a Engenharia de Softwares é um possível caminho teórico-metodológico para o desenvolvimento de SE, de acordo com Bellemain, Bellemain e Gitirana (2014),

A Engenharia Didática (ARTIGUE, 1990, 2011), que trata da construção de sequências de ensino-aprendizagem a partir da utilização de conceitos e resultados de pesquisa, é objeto de reflexão de inúmeros estudos em didática da matemática. Nossa posição epistemológica é considerar que a concepção e o desenvolvimento de softwares educativos exige a mobilização de uma engenharia didática específica que deve integrar conceitos e métodos da informática. Esta engenharia também faz parte do domínio da engenharia de software, mas o desenvolvimento de um software educativo tem

## I Simpósio Latino-Americano de Didática da Matemática

01 a 06 de novembro de 2016

Bonito - Mato Grosso do Sul - Brasil

especificidades que o diferenciam de outros softwares (BELLEMAIN ET AL, 2014, p. 6).

De acordo com Artigue (1996) a ED tem por finalidades analisar e propor situações didáticas, “A engenharia didática, vista como metodologia de investigação, caracteriza-se por um esquema experimental baseado em **realizações didáticas** na sala de aula, isto é, na concepção, na realização, na observação e na análise de sequências de ensino”. (ARTIGUE, 1996p. 196, grifo do autor). Nesse sentido, Artigue (1996) propõe a Engenharia Didática como metodologia de pesquisa conforme os procedimentos: análises prévias; construção e análise *a priori*; experimentação; análise *a posteriori* e validação.

Para melhor compreensão das fases e, principalmente, para que seja possível perceber a articulação com a Engenharia de Softwares apresentam-se em seguida algumas considerações importantes a serem feitas sobre cada etapa da Engenharia Didática, iniciando com a fase de análises prévias,

Nas análises prévias é possível fazer uma análise aprofundada sobre o conhecimento em questão, de acordo com Artigue (1996) nessa fase é descrito um “quadro teórico didático geral em conhecimentos didáticos já adquiridos no domínio estudado, mas também apoiando-se em um certo número de análises preliminares que não, na maior parte dos casos: a **análise epistemológica**; 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 circunscritores**; no qual virá a situar-se a realização didática efetiva; e naturalmente, tendo em conta os objetivos específicos da investigação. (ARTIGUE, 1996, p. 198, tradução nossa, grifo nosso).

Em específico no campo de circunscritores, a análise se efetua através da distinção de três dimensões: “epistemológica – associada às características do saber em questão, cognitiva – associada às características cognitivas do público ao qual se dirige o ensino, e didática – associada às características do funcionamento do sistema de ensino”. (ARTIGUE, 1996, p. 200).

Com isso, concebemos a Engenharia Didático Informática, utilizando a metodologia proposta na Engenharia Didática e na Engenharia de Software, articulada com uma análise de potencialidades tecnológicas aliadas a pesquisas teóricas. Com a utilização da EDI na Pesquisa de Mestrado (TIBURCIO, 2016), foi possível perceber que a análise teórica, fornecida pelo referencial citado, auxiliou na concepção, desenvolvimento e mapeamento de

## **I Simpósio Latino-Americano de Didática da Matemática**

*01 a 06 de novembro de 2016*

*Bonito - Mato Grosso do Sul - Brasil*

requisitos do protótipo de software. Entretanto, percebeu-se que existe a necessidade da elaboração de situações para uso do protótipo que não foram contemplados com a EDI.

A partir dessa verificação e ao se analisar a fase experimental proposta no Modelo de Processo de Software, encontramos na TOI uma fonte de recursos teóricos e metodológicos para uma análise que apresente elementos da utilização do produto que se pretende criar. De acordo com Trouche (2009) uma Orquestração Instrumental é a organização sistemática dos artefatos disponíveis em um determinado ambiente, estabelecendo o trabalho de uma determinada atividade matemática. Essa organização, pré-determinada, irá favorecer na observação de elementos de análise para o desenvolvimento dos *softwares* concebidos através do Modelo de Processo em fase de aperfeiçoamento.

Com isto, justifica-se a utilização da Engenharia Didática e da Teoria da Orquestração Instrumental em diferentes fases, porém articuladas, do Modelo de Processo de *Software* que será aperfeiçoado com a observação do caráter experimental dessas metodologias de pesquisa.

### **Princípios metodológicos iniciais**

Os padrões de pesquisa na área da Educação Matemática contemplam, em sua essência, características e particularidades do ensino e aprendizagem de conhecimentos. Segundo Garcia e Machado (2007, p. 1) o objeto de estudo da Educação Matemática “é a compreensão, a interpretação e a descrição de fenômenos referentes ao ensino e à aprendizagem da matemática, nos diversos níveis de escolaridade, tanto na sua dimensão teórica, quanto prática”. Neste cenário, percebe-se que a concepção de SE não está totalmente inserida na Educação Matemática, pois, existem particularidades tecnológicas que necessitam de fundamentação teórica e prática proveniente da Engenharia de Software. A partir dessa percepção, justifica-se a necessidade de articular princípios metodológicos da Engenharia de Software aos da Educação Matemática, a fim de possibilitar a concepção de softwares que atendam a requisitos técnicos e também educativos.

Classifica-se como experimental a investigação em desenvolvimento, visto que a evolução do modelo de processo de software será baseada em análises teóricas e em situações práticas que serão desenvolvidas sob a luz da Teoria da Orquestração Instrumental. Diante do objetivo de aperfeiçoar o modelo de Processo de Software educativo fundamentado na Engenharia Didático-Informática com recurso a TOI em suporte às fases teórica e experimental do processo, observa-se como essencial delimitar procedimentos e etapas que

## **I Simpósio Latino-Americano de Didática da Matemática**

*01 a 06 de novembro de 2016*

*Bonito - Mato Grosso do Sul - Brasil*

contemplem a totalidade do que se pretende realizar. Desse modo, elencam-se algumas etapas que constituem o percurso metodológico desse estudo.

A primeira etapa consiste em uma análise das sugestões e lacunas e confronto com o aporte teórico: nesta etapa objetiva-se discutir as lacunas e possibilidades do primeiro ciclo do estudo. Com base na discussão realizada a partir do levantamento das sugestões e perspectiva de continuidade do estudo de Mestrado concluído, realizaremos um levantamento sobre a epistemologia da Engenharia de Softwares Educativos com a finalidade de observar as influências históricas do que já foi produzido verificando possíveis avanços para os atuais desenvolvimentos. Além disso, a perspectiva de intercâmbio acadêmico internacional na área de Ensino de Ciências, Matemática e Tecnologia Educativa será viabilizada através do canal de comunicação aberto pelo Prof. Dr. Luc Trouche, durante a ministração da Escola de Altos Estudos “Dos artefatos aos instrumentos do trabalho matemático: a dualidade essencial instrumentação-instrumentalização” (EAE, 2015), junto ao Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática e Tecnológica – EDUMATEC. Pretende-se entrevistar (via *Skype*) o Prof. Dr. Luc Trouche, com a finalidade de obter informações sobre a utilização do referencial teórico por ele formulado (Teoria da Orquestração Instrumental), verificando quais as principais contribuições e indicações para a criação de orquestrações instrumentais utilizando artefatos tecnológicos.

Após uma nova revisão de literatura, será elaborada uma nova versão do Modelo de Processo de Software: os levantamentos indicados na etapa anterior resultarão em uma primeira estrutura de reformulação do modelo de processo de SE. Nessa etapa pretende-se confrontar os referenciais teóricos metodológicos escolhidos de forma a reformular o modelo de processo em desenvolvimento. Desse modo, a TOI (TROUCHE, 2004; 2005; 2009) configura-se como fundamento teórico-metodológico no mapeamento de situações favoráveis ao trabalho com tecnologias e na criação de situações de utilização de tecnologias educativas, delimitando uma série de descritores a serem observados no processo de experimentação do protótipo de software. Com isso, será construída uma nova versão do Modelo de Processo de Software e a fase de validação dos produtos que serão desenvolvidos poderá ser aperfeiçoada.

Pensamos como terceira etapa realizar um novo estudo de caso a fim de validar o modelo de processo que será aperfeiçoado. Ao analisar a fase de validação do software, encontrou-se na TOI uma fonte de recursos teóricos e metodológicos para uma análise que apresente elementos da utilização do produto que se pretende criar. Assim, contempla-se

## **I Simpósio Latino-Americano de Didática da Matemática**

*01 a 06 de novembro de 2016*

*Bonito - Mato Grosso do Sul - Brasil*

nessa etapa o objetivo específico de conceber orquestrações instrumentais para auxiliar a fase de testes do software em desenvolvimento. Com o software desenvolvido em colaboração durante Pesquisa de Mestrado (SILVA, 2016; TIBURCIO, 2016), será utilizado como campo de aplicação e experimentação o LEMATEC – Laboratório de Ensino da Matemática e Tecnologia. Essa etapa metodológica consistirá na fase de testes do protótipo de software. Pretende-se nesse momento da investigação criar situações de utilização do software em desenvolvimento. A etapa de validação do software ocorrerá através dos ajustes que serão realizados após o processo de experimentação com a finalidade de verificar possíveis modificações e observações feitas durante os testes.

Por último, com as ações anteriores realizadas, será lançada uma nova versão do Modelo de Processo de Software, sendo observadas as contribuições teóricas e metodológicas da Engenharia Didática, da Engenharia de Softwares e da Teoria da Orquestração Instrumental. Tal versão poderá ser disponibilizada para que outras pesquisas possam ser realizadas no âmbito da integração das teorias de ensino e aprendizagem de conhecimentos articuladas com a Engenharia de Softwares Educativos.

### **REFERÊNCIAS**

ARTIGUE, M. Engenharia Didática. In: BRUN, J. **Didática das Matemáticas**. 1. ed. Lisboa: Instituto Piaget, 1996. V. 1. Cap. 4, p. 193 -217.

BELLEMAIN, F.; BELLEMAIN, P. M. B.; GITIRANA, V. Elementos de engenharia de software educativos para a concepção de ferramentas computacionais para o CSCL. In ROSA, M.; BAIRRAL, M. A.; AMARAL, R. B. **Educação Matemática, Tecnologias Digitais e Educação a Distância: pesquisas contemporâneas**. 1. Ed. Natal (RN): Editora da Física, 2014.

BENITTI, F. B. V., SEARA, E. F. R., SCHLINDWEIN, L. M. Processo de Desenvolvimento de Software Educacional: Proposta e Experimentação. **Revista Novas Tecnologias na Educação – CINTED UFRGS**, Rio Grande do Sul, v. 3, n. 1, p. 1 – 10, Maio, 2005.

ESCOLA DE ALTOS ESTUDOS. Home. Disponível em:

<http://lematec.net.br/EAE/index.html?page=inicial&language=br>. Acesso em 20 set. 2015.

GARCIA, V. C.; MACHADO, C. Teorias de pesquisa em Educação Matemática: a influência dos franceses. Coordenação: Vera Clotilde Garcia. Disponível em:

[http://143.54.226.61/~vclotilde/disciplinas/pesquisa/CLAUDIA\\_FRANCESES.D%20OC.pdf](http://143.54.226.61/~vclotilde/disciplinas/pesquisa/CLAUDIA_FRANCESES.D%20OC.pdf). Acesso em: 17 set. 2015.

## **I Simpósio Latino-Americano de Didática da Matemática**

*01 a 06 de novembro de 2016*

*Bonito - Mato Grosso do Sul - Brasil*

SANTOS, G. L. Alguns princípios para situações de engenharia de softwares educativos. **Inter-ação**, Goiás, v. 34, n. 1, 2009. Disponível em: <http://www.revistas.ufg.br/index.php/interacao/article/view/6540/4801>. Acesso em: 06 set. 2010.

SILVA, C. T. J. **A Engenharia Didático-Informática na prototipação de um software para abordar o conceito de taxa de variação**. 2016. f 163. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática e Tecnológica – Edumatec). Recife, UFPE. 2016.

TIBÚRCIO, R. S. **Processo de desenvolvimento de software educativo: um estudo da prototipação de um software para o ensino de função**. 2016. f. 112. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática e Tecnológica – Edumatec). Recife, UFPE. 2016.

TROUCHE, L. Penser la gestion didactique des artefacts pour faire et faire faire des mathématiques: histoire d'un cheminement intellectuel. **L'Éducateur**, v. 309, p. 35-38, 2009.

\_\_\_\_\_. Managing the complexity of human/machine interactions in computerized learning environments: guiding students' command process through instrumental orchestrations. **International Journal of Computers for Mathematical Learning**, 9, 281-307. 2004.

\_\_\_\_\_. Construction et conduit des instruments dans les apprentissages mathématiques: nécessité des orchestrations. **Recherches en Didactique des Mathématiques**. v. 25, p. 91-138, 2005.