# O Papel de um Software em uma Abordagem Pedagógica para Alunos de Biologia: transformando limitações em possibilidades.

Débora da Silva Soares[1]

Educação Matemática no Ensino Superior

**Resumo**

Neste artigo apresento um recorte da minha pesquisa de doutorado, cujo objetivo é analisar o papel de um software no desenvolvimento de uma abordagem pedagógica elaborada para alunos de um curso de graduação em Biologia que cursam a disciplina Matemática Aplicada. A ideia central da abordagem é propor a análise de um modelo matemático para um fenômeno biológico desde o primeiro dia de aula e de forma integrada com alguns conceitos da disciplina, cuja ementa inclui o estudo de funções, noções de limites, derivadas e integrais, e suas aplicações. A pesquisa é de cunho qualitativo e, a partir da análise dos dados, três temas emergiram com relação ao seu objetivo. Neste trabalho apresento algumas das discussões referentes a um destes temas: o software contribuindo para a compreensão de conceitos matemáticos. A partir da discussão elaborada, é possível identificar possibilidades e limitações do software relacionadas com o conceito de função e perceber um aspecto contingente do mesmo.

**Palavras-chave:** Sistemas Dinâmicos. Tecnologias Digitais. Ensino de Cálculo Diferencial e Integral. Análise de Modelos.

## Introdução

A disciplina Matemática Aplicada é a única disciplina de Matemática obrigatória na grade do curso Ciências Biológicas da Unesp, Rio Claro, SP. Sua ementa inclui o estudo de funções, noções de limites, derivadas e integrais, e suas aplicações. Sendo a única disciplina de Matemática do curso, acredito ser importante que ela possa trazer aos estudantes oportunidade de analisar formas em que a Matemática pode ter uma ligação mais estreita com sua área de interesse, no caso, a Biologia. Esta preocupação foi uma das motivações para a elaboração de uma abordagem pedagógica para esta disciplina.

A ideia central da proposta pedagógica é propor que os alunos desenvolvam a análise de um modelo matemático para um fenômeno, neste caso biológico, e que esta análise seja integrada com alguns conceitos da disciplina e que são novos para os alunos, de modo que eles possam ser úteis para entender tanto o modelo matemático quanto o fenômeno escolhido. A esta abordagem denominei Análise de Modelos (SOARES, 2011).

[1] Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática da Unesp, Rio Claro, SP. Membro do GPIMEM – Grupo de Pesquisa em Informática outras Mídias e Educação Matemática. E-mail: debbie_mat@yahoo.com.br. Apoio financeiro Capes.

A análise do modelo proposta nesta abordagem possui um caráter bastante específico, pois foca na compreensão das equações do modelo em termos do fenômeno, no estudo do comportamento de suas soluções e na investigação da influência dos parâmetros neste comportamento. Deste modo, *não* há uma ênfase nos processos de resolução analítica do modelo e nem na obtenção de uma representação analítica para suas soluções. Uma das razões para isto, no contexto desta pesquisa, é o tipo de modelo matemático com o qual os alunos trabalharam.

O fenômeno escolhido para estudo foi a transmissão da malária, que possui um modelo matemático envolvendo um sistema de duas equações diferenciais ordinárias, conteúdo ainda avançado para os alunos da disciplina. Deste modo, o trabalho de análise do modelo desenvolvido pelos alunos foi todo fundamentado no uso de um software que permitiu o acesso às informações sobre o modelo. Compreender o papel deste software durante o desenvolvimento da proposta pedagógica com os alunos desta disciplina é o foco de estudo de minha pesquisa de doutorado.

Em EBRAPEM anteriores, discuti algumas questões referentes à pesquisa. Em Soares (2003) apresentei as ideias iniciais da pesquisa, focando em uma discussão teórica sobre Modelagem Matemática e tecnologias, e apresentando uma primeira versão das ideias centrais da abordagem pedagógica. Já em Soares (2011) caracterizei a pesquisa em um conjunto maior de estudos cujo foco envolvia disciplinas de Matemática em serviço e, já tendo feito um estudo preliminar, discuti alguns dos dados construídos com relação à literatura apresentada.

Neste artigo, apresento um recorte da pesquisa, descrevendo brevemente o fenômeno estudado pelos alunos e seu modelo matemático, o referencial teórico que sustenta a pergunta de pesquisa e algumas discussões relacionadas a um dos temas emergentes da análise de dados e que caracteriza um dos papéis desempenhados pelo software durante a abordagem.

## O Fenômeno Biológico e um Modelo Matemático

A malária é uma doença que atinge milhares de pessoas no mundo. Ela é causada por um parasita do gênero *Plasmodium* e transmitida pela picada da fêmea do mosquito *Anopheles* (BASAÑEZ; RODRÍGUEZ, 2004). Um dos primeiros modelos matemáticos elaborados para o estudo da malária foi o modelo de Ross-Macdonald, desenvolvido inicialmente por Ross em meados de 1917 e posteriormente aperfeiçoado por Macdonald na década de 1950. Este modelo é formado por um sistema de duas equações diferenciais ordinárias (EDO), e baseia-se em uma série de hipóteses sobre o fenômeno biológico. As equações do modelo são as seguintes:

$$\begin{aligned} \frac{dX}{dt} &= \left(\frac{a}{N}\cdot p\right)\cdot Y\cdot(N-X)-g\cdot X \\ \frac{dY}{dt} &= \left(\frac{a}{N}\cdot c\right)\cdot X\cdot(M-Y)-v\cdot Y \end{aligned},$$

onde *X(t)* é a função que designa a quantidade de pessoas infectadas ao longo do tempo, *Y(t)* é a função que designa a quantidade de mosquitos infectados ao longo do tempo, *N* é a população total de humanos suposta constante e *M* é a população total de mosquitos também suposta constante.

A ideia central deste modelo é descrever como cada uma das populações de pessoas e mosquitos infectados varia ao longo do tempo. Esta variação, ou mais especificamente taxa de variação instantânea, é denotada por *dX/dt* e *dY/dt* para cada uma das funções, respectivamente. Cada uma das equações descreve o modo como a população aumenta e o modo como ela diminui ao longo do tempo.

Para a primeira equação temos a seguinte interpretação: a população de humanos infectados aumenta conforme as pessoas sadias (*N-X*) são picadas por mosquitos infectados (*Y*). Matematicamente expressamos estes encontros através da multiplicação das populações; temos então: $Y\cdot(N-X)$. Mas nem toda a picada gera uma infecção. Isto depende de dois fatores: a frequência diária com que cada mosquito pica cada humano (representado no modelo por $\frac{a}{N}$) e a probabilidade de um humano ser infectado (representado no modelo por *p*). Assim, multiplicamos o produto acima por estes parâmetros: $\left(\frac{a}{N}\cdot p\right)\cdot Y\cdot(N-X)$, e esta expressão nos diz, grosso modo, qual a chance de pessoas sadias ficarem doentes de malária.

No modelo em questão, a mortalidade das pessoas não é considerada, apenas sua recuperação. As pessoas se recuperam de malária segundo uma taxa *g*, portanto temos que $g\cdot X$ é o número de pessoas que se recuperam da doença a cada instante. A subtração destas duas quantidades nos dá a variação da população de humanos infectados ao longo do tempo, que é dada pela derivada da função *X*.

A interpretação da segunda equação é semelhante. Para que um mosquito suscetível ($M$-Y) fique infectado ($Y$), ele precisa picar uma pessoa que esteja infectada ($X$). Além disso, a chance de ocorrer a transmissão da doença depende da frequência diária com que cada mosquito pica cada humano ($\frac{a}{N}$) e da probabilidade de um mosquito ser infectado ($c$); usando os parâmetros do modelo, matematicamente temos: $\left(\frac{a}{N}\cdot c\right)\cdot X\cdot\left(M-Y\right)$. Por outro lado, os mosquitos não se recuperam de malária e morrem segundo uma taxa de mortalidade $v$. Portanto, temos que $v\cdot Y$ expressa o número de mosquitos infectados que morrem a cada instante. Novamente, a subtração destas quantidades nos dá a variação de mosquitos infectados ao longo do tempo, que é dada pela derivada da função $Y$.

Assim, obtemos as duas equações que expressam matematicamente o modelo matemático para a transmissão da malária. Este modelo é considerado simples, já que as hipóteses desconsideram fatores importantes da doença, como a mortalidade e a aquisição de imunidade das pessoas. Entretanto, isso não invalida seu estudo, uma vez que já fornece informações relevantes sobre a evolução da doença em uma região.

**A Abordagem Pedagógica**

Como mencionado na introdução deste trabalho, a ideia central da proposta pedagógica é propor que os alunos da disciplina Matemática Aplicada analisem o modelo matemático para a transmissão da malária exposto acima. Esta análise foi pensada de modo a enfocar o comportamento das soluções do modelo e a possibilitar aos alunos refletirem e utilizarem alguns dos conceitos vistos na disciplina para compreender diferentes aspectos do modelo matemático.

Para guiar o trabalho dos estudantes na análise do modelo, elaborei uma sequência de atividades de caráter aberto. Os conceitos da ementa que foram abordados nessas atividades são: funções, tendência de comportamento para valores grandes de tempo, derivada (taxa de variação instantânea e coeficiente angular da reta tangente), máximos e mínimos. Além disso, os alunos também investigaram a influência dos parâmetros do modelo no comportamento de suas soluções, analisaram uma modificação do modelo matemático e retratos de fase do modelo (isto é, curvas $X$x$Y$).

O fenômeno biológico foi introduzido aos alunos logo no primeiro dia de aula e, já no segundo dia, o modelo matemático foi apresentado e explicado para eles[2]. Durante todo o semestre em que a proposta foi aplicada, os alunos trabalharam com o software *Modellus*[3], que permite o trabalho com modelos envolvendo EDO, entre outros. A figura abaixo (Figura 1) mostra uma tela do *Modellus*, onde é possível ver o modelo de transmissão da malária e as representações gráficas e numéricas da solução *X(t)* em três casos distintos.

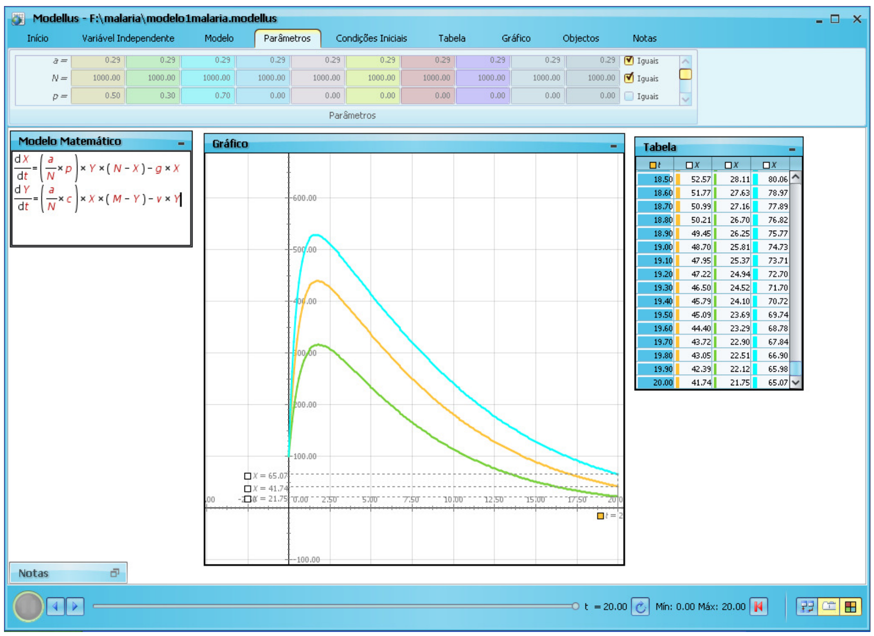


**Figura 1: Modelo de Ross-Macdonald e suas soluções *X(t)* em três casos distintos.**

Foi trabalhando com o software que os alunos tiveram acesso à representações para as soluções do modelo e puderam analisar o seu comportamento. O software permite que o usuário configure valores diferentes para os parâmetros e condições iniciais do modelo. Para cada conjunto de valores especificados tem-se um “caso” diferente. Como a Figura 1 mostra, é possível analisar os gráficos das soluções de vários casos simultaneamente. Também é possível visualizar as soluções *X(t)* e *Y(t)* simultaneamente, permitindo uma análise de como seus comportamentos estão relacionados.

---

[2] Para mais detalhes sobre a abordagem pedagógica, ver Soares e Borba (2011) ou Borba e Soares (2012).

[3] Software desenvolvido por Vitor Duarte Teodoro e colaboradores, Universidade Nova de Lisboa. Endereço eletrônico: <http://modellus.fct.unl.pt/>.

É interessante chamar a atenção do leitor para o fato de que o uso do software foi de fundamental importância para o desenvolvimento da proposta pedagógica com os alunos. De fato, como mencionado na introdução deste trabalho, o conteúdo de EDO, mais particularmente sistemas delas, é ainda avançado para os alunos que cursam a disciplina Matemática Aplicada, que em sua maioria ainda não estudaram o conceito de derivada. Deste modo, ter acesso ao modelo matemático sem necessitar desvendar todos os seus aspectos *a priori* é um fator de relevância. Tendo em vista esta importância do software para a abordagem pedagógica, é necessário refletir sobre a tecnologia no processo de produção de conhecimento. É a isso que me proponho na seção seguinte.

**Visão Epistemológica sobre as Tecnologias**

A pergunta diretriz de minha pesquisa está intimamente relacionada ao modo como entendo a relação entre as tecnologias e o pensamento, que está fundamentado no trabalho de Borba e Villarreal (2005). Estes autores elaboraram o construto teórico seres-humanos-com-mídias, que concentra duas ideias centrais.

A primeira ideia afirma que a unidade de produção do conhecimento é um coletivo formado por humanos e não humanos. Esta unidade está baseada em uma perspectiva de não dicotomia entre tecnologia e ser humano, uma noção embasada nos trabalhos de Lévy. Para este autor, as tecnologias sempre fizeram parte do desenvolvimento da humanidade ao longo da história. Ele destaca três delas, que denomina tecnologias da inteligência: a oralidade, a escrita e a informática. Estas tecnologias são utilizadas como uma forma de extensão da memória e são qualitativamente diferentes: enquanto a oralidade possui um caráter circular, a escrita traz a linearidade e a informática quebra novamente com a linearidade, apresentando um caráter descontínuo (BORBA; VILLARREAL, 2005).

A segunda ideia, por sua vez, está embasada no trabalho de Tikhomirov, que afirma que o computador não auxilia e não suplementa o pensamento humano, mas o reorganiza. Para este autor, as visões de que o computador auxilia ou suplementa o pensamento humano são limitadas, uma vez que consideram apenas aspectos quantitativos ou então simplificam demasiadamente os processos de busca, por exemplo, realizados pelo ser humano. Deste modo, para o autor existe um processo de reorganização do pensamento humano, pois o computador reestrutura suas funções cognitivas, de modo que exerce um papel de moldagem do pensamento. Borba e Villarreal (2005) estendem esta ideia propondo a noção de moldagem recíproca, onde o computador molda o ser humano, mas o ser humano também molda o computador na medida em que, por exemplo, o usuário pode utilizar um software de maneiras não imaginadas pelo seu desenvolvedor. No meu entendimento, estes processos de reorganização e moldagem ocorrem de acordo com as possibilidades e restrições oferecidas pelas tecnologias.

Esta visão epistemológica das tecnologias dá suporte para a pergunta que estou propondo, uma vez que retira das mídias um papel apenas periférico no processo de produção de conhecimento, e as coloca como parte essencial do processo. Daí a intenção de identificar qual(is) é(são) o(s) papel(éis) do software *Modellus* ao longo do desenvolvimento da abordagem pedagógica e analisá-lo(s) em suas diferentes dimensões. Antes de apresentar e analisar alguns dos dados que podem trazer indícios para a compreensão desta pergunta, apresento a seguir alguns aspectos metodológicos da pesquisa.

**Aspectos Metodológicos**

Tendo em vista o objetivo desta pesquisa, optei por realizar um trabalho de cunho qualitativo, uma vez que este enfatiza a compreensão de um fenômeno em suas várias dimensões (GOLDENBERG, 2004). Os dados analisados foram construídos a partir da aplicação das atividades da abordagem pedagógica aos alunos que cursaram a disciplina Matemática Aplicada durante o primeiro semestre de 2011. Essa turma era do curso noturno e possuía 22 alunos. Os alunos, em sua quase totalidade, ainda não haviam estudado o conceito de derivada.

As fontes de dados foram diversas: filmagem de toda a sala com uma câmera filmadora; gravação da tela do computador e do diálogo dos alunos com o software *Camtasia*[4]; relatórios elaborados pelos alunos sobre cada aula; entrevista filmada realizada com duplas voluntárias de alunos ao final do semestre; caderno de campo. Entretanto, duas fontes de dados foram as principais para análise: as entrevistas com os alunos e os vídeos gerados pelo *Camtasia*.

Da análise das entrevistas emergiram três temas relacionados ao papel do software no desenvolvimento da abordagem pedagógica. Estes temas foram triangulados com a análise dos dados provenientes dos vídeos, de modo a se obter indícios que auxiliassem na compreensão de novos questionamentos que surgiram a partir da análise das entrevistas.

[4] Camtasia Studio é um software que registra a tela do computador, o diálogo dos usuários e também sua imagem. Ele exporta estes dados por meio de um vídeo.

Na seção seguinte, apresentarei um destes temas e discutirei alguns dos aspectos relacionados a ele.

## O Software Contribuindo para a Compreensão de Conceitos Matemáticos

Um dos temas que surgiu a partir da análise das entrevistas, e que caracteriza um dos papéis exercidos pelo software, foi o de contribuir para a compreensão de conceitos matemáticos. O trecho abaixo, retirado de um dos relatórios realizados pelos alunos sobre uma das atividades, ilustra esta ideia.

> Cada dupla utilizou um computador e o programa Modellus para montar um gráfico e uma tabela pro problema matemático. **O programa é simples e fácil de usar, além de ser uma ótima ferramenta para o auxílio no ensino.** (Trecho do relatório, Atividade 3, Kauã e Priscilla).

Este trecho foi utilizado na entrevista com a dupla como disparador para um debate sobre o trabalho com o software durante a disciplina. Ao comentar sobre o que haviam escrito, Kauã focou a importância do software como um recurso visual, que fornece representações que podem ser analisadas pelos alunos. Entretanto, ele não detalhou sobre "ensino de que"[5]?

Os demais alunos da turma, que participaram das entrevistas, não se referiram de modo direto às questões de ensino e aprendizagem de conceitos matemáticos relacionados ao software, de modo que um questionamento principal se manteve: se o software participou desses processos, isto ocorreu em quais situações e como? A análise dos vídeos gerados pelo *Camtasia* tornou-se uma necessidade para buscar por indícios que pudessem trazer compreensões sobre estas questões. A seguir irei comentar alguns destes indícios que estão relacionados ao conceito de função.

A primeira atividade com a qual os alunos trabalharam após a introdução do modelo matemático (Atividade 3), foi a sua inserção e configuração no software e a reflexão sobre alguns dos passos realizados para tal. Em particular, a atividade tinha como objetivo convidar os alunos a refletir sobre a natureza funcional das soluções $X$ e $Y$ do modelo. Como os alunos já haviam revisado o conceito de função em aula, incluindo sua definição matemática, o intuito da atividade era que retomassem esta definição e a utilizassem como meio de justificar sua resposta.

---

[5] Note-se que a pesquisadora também não se atentou para questionar os alunos de forma mais direta sobre estes aspectos no momento da entrevista.

Em geral, os alunos afirmaram corretamente que *X* e *Y* são funções do tempo, porém as justificativas não necessariamente envolveram a definição matemática de função e, nas vezes em que ela foi utilizada, nem todos os seus elementos foram considerados. O trecho abaixo, por exemplo, ilustra esta situação.

*Natália: Você acha que os gráficos de X... X,t [X*xt*] e Y,t [Y*xt*] são gráficos de funções?*
*Dayane:* ***Realmente são, né, são. Porque... pra cada valor de x tem um valor de y.***
*Natália: Ou, de outro modo, você acha que X e Y são funções do tempo? Justifique sua resposta. Procure relembrar a definição de função para tomar sua decisão. Você acha que X e Y são funções do tempo?*
*Dayane:* ***É, porque assim, elas variam conforme o tempo varia.***
(Trecho do Camtasia, Dayane e Natália, Atividade 3).

É possível notar que Dayane utiliza parcialmente a definição matemática de função para justificar que *X* e *Y* são funções do tempo quando ela afirma: "para cada valor de x tem um valor de y". Mais tarde ela utiliza a dependência do tempo como outra justificativa. O fato de que para cada valor de *x* deve haver um *único* valor de *y* não é enfatizado em sua fala. Por quê? – é a pergunta que segue naturalmente.

Um possível fator que poderia influenciar este fato é a própria natureza da variável independente: ela é o *tempo*. Em nossas experiências diárias, o tempo possui um caráter contínuo, no sentido de passado, presente e futuro. Um determinado evento não ocorre em dois momentos diferentes de nossa vida, já que o agora em breve será o passado, que não retorna. Neste sentido, me parece que esta experiência diária é projetada para a análise do modelo, que representa uma situação da vida e, portanto, não desperta a necessidade de enfatizar o valor *único* da variável dependente para cada valor da variável independente (o tempo).

Um segundo fator possível seria a animação do software. Após configurar o modelo matemático e escolher quais variáveis se quer visualizar, o *Modellus* apresenta a construção do gráfico de forma animada, isto é, a curva não é plotada de uma vez só por completo, é possível acompanhar a sua formação, como em uma trajetória. Neste sentido, a animação poderia reforçar a ideia de que basta o gráfico ser construído para ser função. Esta hipótese surgiu a partir da análise do seguinte trecho:

*Antonio: Ó, identifique as variáveis independente e dependente das funções acima... Não, independente é o... é o tempo não é isso? Independente de todas as outras...*
*Diego: São funções do tempo? São.*
*Antonio: A população de humanos... a população infectada...*
*Diego:* ***Só não sei... Mas são funções do tempo, não são? Tipo, o tempo tá passando. Lembra que a gente deu play e ele [o gráfico] foi uhhh.***
*Antonio:* ***Não, ele quer dizer, ah são gráficos de funções, né?***

*Diego: São.*
*Antonio:* ***São... Só tem um, é... Cada valor de x só tem um de y né?***
*Diego: É.*
(Trecho do Camtasia, Antonio e Diego, Atividade 3).

É possível notar que Diego utiliza o fato de o tempo estar passando para justificar que $X$ e $Y$ são funções do tempo. Além disso, ele se refere à animação do software para validar sua justificativa, donde a hipótese de que a animação poderia reforçar esta visão. Isto pode ter ocorrido pois o atributo do movimento atrelado à animação poderia ter reforçado o passar do tempo, sendo este o aspecto mais saliente para Diego com relação à representação da solução e, portanto, constituindo-se na justificativa para a natureza funcional de $X$ e $Y$. De fato, Rieber (1991, p.319, tradução minha) salienta que "Representações do contexto do problema são esperadas serem úteis apenas se os estudantes reconhecerem as características mais salientes da representação e consequentemente compreender como essas características se relacionam ao problema".

A questão é que nem sempre a característica que deveria ser mais saliente o é para o aluno, e outra característica que não necessariamente contribui da forma esperada para o problema é que se destaca, como ocorreu com Diego. Por outro lado, é possível notar que Antonio, tendo analisado os mesmos gráficos e animações que o colega, percebeu a necessidade do uso da definição matemática de função (ou de uma versão dela) para justificar o que queria, na medida em que interpretou a questão de forma mais geral, não apenas entendendo funções de $t$ como funções do tempo.

Esta possível influência da animação pode ser considerada uma limitação do software. Porém, isto não é algo definitivo. Como é possível perceber a partir da fala de autores como Borba e Penteado (2007) e Geiger (2011), o papel exercido por um software está parcialmente atrelado ao modo como conduzimos os trabalhos com ele. Neste sentido, acredito que uma reorientação no encaminhamento da atividade poderia transformar esta limitação em uma possibilidade. Quero dizer, iniciar a discussão sobre o conceito de função na disciplina a partir desta atividade, ao invés de aplicá-la após revisar o conceito, poderia ser mais interessante. Isto porque as conclusões elaboradas por meio da análise dos gráficos do modelo matemático poderiam ser confrontadas com outros exemplos, de modo a chamar a atenção para características que parecem naturais quando trabalhamos com o tempo como variável independente, mas deixam de ser quando a modificamos.

Exemplos de gráficos que não são funções poderiam ser construídos com o software, e a animação, neste caso, destacaria a existência de valores da variável independente com mais de um valor correspondente da variável dependente. Deste modo, a limitação passaria a ser uma possibilidade oferecida pelo software. Além disso, um aspecto bastante interessante trazido pela animação poderia ser explorado: a ideia de trajetória.

Em geral, os softwares utilizados para plotar gráficos o fazem de forma que o gráfico aparece por completo na tela do computador. Como mencionei anteriormente, no caso do *Modellus* os alunos podem acompanhar a construção da curva. Este recurso pode de ser bastante útil para a compreensão do comportamento do gráfico da função em geral, e para valores grandes da variável independente em particular. Por outro lado, assim como a possibilidade de analisar a influência dos parâmetros da expressão analítica de uma função no aspecto e comportamento de seu gráfico por meio da experimentação reorganizou o conceito de função (BORBA; VILLARREAL, 2005), trazendo um aspecto dinâmico para o mesmo, a ideia de trajetória também tem potencial para fazê-lo, agregando um novo aspecto dinâmico ao conceito de função: a direção e o sentido do gráfico.

## Considerações Finais

Uma vez compreendendo que as mídias, em particular as tecnologias digitais, possuem um papel central nos processos de produção de conhecimento, é importante investigar este papel em diferentes contextos de ensino e aprendizagem da Matemática, identificando possibilidades e limitações relacionadas a eles. Este tipo de estudo pode contribuir para que entendamos um pouco mais sobre o modo como as diferentes mídias influenciam o pensamento matemático.

O recorte da pesquisa apresentado neste artigo trouxe algumas discussões neste sentido. As limitações e possibilidades do software são o que, no meu entendimento, caracterizam o papel do software, neste caso indicando de que modo ele pode (ou não) contribuir para a compreensão do conceito de função. Além disso, são as limitações e as possibilidades que fornecem os elementos reorganizadores do pensamento matemático. Neste sentido, a reflexão desenvolvida neste artigo, que indica uma opção para transformar uma limitação em possibilidade por meio de modificações no encaminhamento da atividade, dá indícios do caráter contingente do papel do software.

## Referências Bibliográficas

BASAÑEZ, M.-G.; RODRÍGUEZ, D. J. Dinámica de transmisión y modelos matemáticos em enfermedades transmitidas por vectores. *Entomotropica*, 19(3), 113-134, 2004.

BORBA, M. C.; PENTEADO, M. G. *Informática e Educação Matemática.* (Coleção Tendências em Educação Matemática). Belo Horizonte: Autêntica, 2007. 3ª Ed.

BORBA, M. C.; SOARES, D. S. Modeling in Brazil: a case involving Biology. In: BLUM, W.; FERRI, R. B.; MAAß, K. *Mathematikunterrichit im Kontext von Realität, Kultur und Lehrerprofessionalität – Festschrift für Gabriele Kaiser*. New York: Springer, 2012. p.53-61.

BORBA, M. C.; VILLARREAL, M. E. *Humans-with-Media and the Reorganization of Mathematical Thinking: information, communication technologies, modeling, experimentation and visualization*. New York: Springer, 2005.

GEIGER, V. Factors Affecting Teachers' Adoption of Innovative Practices with Technology and Mathematical Modelling. In: KAISER, G.; BLUM, W.; FERRI, R. B. (Eds.) *Trends in Teaching and Learning of Mathematical Modelling – ICTMA 14*. New York: Springer, 2011. p.305-314.

GOLDENBERG, M. *A arte de pesquisar: como fazer pesquisa qualitativa em Ciências Sociais.* Rio de Janeiro: Record, 2004. 8ª ed.

RIEBER, L. P. Animation, Incidental Learning, and Continuing Motivation. *Journal of Educational Psychology*, v.83, n.3, p.318-328, 1991.

SOARES, D. S. Modelagem Matemática e TIC: estudo de fenômenos modelados por EDO's em uma turma de Cálculo I. In: Encontro Brasileiro de Estudantes de Pós-Graduação em Educação Matemática (EBRAPEM), 13, 2009, Goiânia, Goiás. *Anais...*, 2009, 11p.

SOARES, D. S. Matemática Aplicada como um Curso de Serviço na Biologia: alguns desafios e possibilidade. In: Encontro Brasileiro de Estudantes de Pós-Graduação em Educação Matemática (EBRAPEM), 15, 2011, Campina Grande, Paraíba. *Anais...*, 2011, 12p.

SOARES, D. S. Modelagem ou Aplicações? Caracterizando uma proposta pedagógica para alunos de Biologia. In: Conferência Nacional sobre Modelagem na Educação Matemática, 7, 2011, Belém, Pará. *Anais...*, 2011, 16p.

SOARES, D. S.; BORBA, M. C. Fenômeno Biológico, Sistemas Dinâmicos e Noções de Cálculo I: uma proposta. In: ALMEIDA, L. M. W.; ARAÚJO, J. L.; BISOGNIN, E. *Práticas de Modelagem Matemática na Educação Matemática*. Londrina: EDUEL, 2011. p.227-247.