



Revista Electrónica de Investigación en
Educación en Ciencias
E-ISSN: 1850-6666
reiec@exa.unicen.edu.ar
Universidad Nacional del Centro de la
Provincia de Buenos Aires
Argentina

Borsoi, Adriana Helena; Werle de Almeida, Lourdes Maria
Percepções sobre o uso da Tecnologia para a Aprendizagem Significativa de alunos
envolvidos com Atividades de Modelagem Matemática
Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias, vol. 10, núm. 2,
diciembre, 2015, pp. 36-45
Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires
Buenos Aires, Argentina

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=273343069004>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

Percepções sobre o uso da Tecnologia para a Aprendizagem Significativa de alunos envolvidos com Atividades de Modelagem Matemática

Adriana Helena Borssoi¹, Lourdes Maria Werle de Almeida²

adrianaborssoi@utfpr.edu.br, lourdesmaria@sercomtel.com.br

¹*UTFPR, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Av. dos Pioneiros, 3131, CEP 86036-370, Londrina, Paraná, Brasil*

²*UEL, Universidade Estadual de Londrina. Rodovia Celso Garcia Cid, Km 380, CEP 86057-970, Londrina, Brasil*

O propósito deste artigo é apresentar parte dos resultados de uma pesquisa sobre como ambientes de ensino e de aprendizagem que consideram atividades de modelagem matemática, dispõem de recursos tecnológicos e são sequencialmente estruturados como unidades de ensino, viabilizam a aprendizagem significativa dos estudantes. No âmbito deste texto, elementos constituintes da pesquisa são explicitados de modo a compreender de que forma os estudantes se apropriam das tecnologias durante as atividades de modelagem desenvolvidas em três Contextos educacionais. Uma análise sistemática dos dados, de acordo com a Teoria Fundamentada em Dados, explicita articulações entre modelagem matemática, aprendizagem significativa e tecnologias e mostra a influência desses elementos na promoção do trabalho colaborativo, quando os alunos passam a pensar juntos com os pares, com o professor, com a tecnologia e, na motivação do aluno para mobilizar a tecnologia como parceira intelectual.

Palavras chave: Modelagem Matemática. Aprendizagem Significativa. Tecnologias. Educação Matemática.

Percepciones acerca del uso de la tecnología para el aprendizaje significativo de los estudiantes que participan en actividades de modelización matemática

El propósito de este artículo es presentar algunos resultados de una investigación sobre los entornos de enseñanza y aprendizaje que tienen en cuenta las actividades de modelización matemática tienen recursos tecnológicos y son secuencialmente estructurados como unidades didácticas, permiten el aprendizaje significativo de los estudiantes. Dentro de este texto, los componentes de la investigación se explican con el fin de entender cómo los alumnos se apropian de las tecnologías en las actividades de modelización matemática desarrolladas en tres Contextos educativos. Un análisis sistemático de los datos, de acuerdo con la metodología de la Teoría Fundamentada, explica las conexiones entre la modelización matemática, el aprendizaje significativo y tecnologías y muestra la influencia de estos elementos en la promoción del trabajo colaborativo, cuando los estudiantes comienzan a pensar en conjunto con sus colegas, el profesor, con la tecnología y la motivación del estudiante para movilizar a la tecnología como un compañero intelectual.

Palabras Clave: Modelización Matemática. Aprendizaje Significativo. Tecnologías. Enseñanza de las Matemáticas.

Insigths about the use of technology for Meaningful Learning of students involved with mathematical modeling activities

The objective of this paper is to present some results of a research on teaching and learning environments that consider mathematical modeling activities, have technological resources and are sequentially structured as teaching units, enable meaningful learning of students. Under this text, the components of the research are explained in order to understand how the students take ownership of technologies for the

modeling activities in three educational contexts. A systematic analysis of the data, according to the Grounded Theory, explicit connections between mathematical modeling, meaningful learning and technology and shows the influence of these elements in promoting collaborative work when students begin to think together with peers, with the teacher, with technology and, in student motivation to mobilize the technology as an intellectual partner.

Keywords: Mathematical Modelling. Meaningful Learning. Technology. Mathematics Education.

Perceptions quant à l'utilisation de la technologie pour les étudiants d'apprentissage significatives impliquées dans des activités de modélisation mathématique

Le but de cet article est de présenter quelques résultats d'une enquête sur l'enseignement et l'apprentissage des environnements qui tiennent compte des activités de modélisation mathématique, disposent de ressources technologiques et sont séquentiellement structurés comme des unités d'enseignement, de permettre un apprentissage significatif d'étudiants. En vertu de ce texte, les composants de la recherche sont expliqués afin de comprendre comment les élèves se approprient les technologies pour les activités de modélisation en trois contextes éducatifs. Une analyse systématique des données, selon la Grounded Theory, des liens explicites entre la modélisation mathématique, un apprentissage significatif et de la technologie et montre l'influence de ces éléments dans la promotion de la collaboration lorsque les élèves commencent à réfléchir ensemble avec leurs pairs, avec le professeur, avec la technologie et, dans la motivation des élèves à mobiliser la technologie comme un partenaire intellectuelle.

Mots clés: Modélisation Mathématique. Apprentissage Significatives. Technologies. Enseignement des Mathématiques.

1. INTRODUÇÃO

Modelagem matemática, aprendizagem significativa e tecnologias são conceitos amplamente teorizados em pesquisas que consideram ambientes educacionais. Neste trabalho, a partir de informações decorrentes de uma investigação conduzida em três Contextos educacionais, tratamos da articulação entre esses conceitos.

Assumimos que a modelagem matemática como alternativa pedagógica tem potencial para ser empregada no ensino da Matemática, de modo que colocamos a atenção nos processos cognitivos ativados pelos alunos durante o desenvolvimento de atividades de modelagem.

A aprendizagem significativa é entendida conforme a construção teórica apresentada inicialmente por David Ausubel e também a partir da visão de outros teóricos (Moreira, 2011; Novak, 2011, entre outros) que contribuem para o entendimento de aspectos relativos ao ensino e à aprendizagem em ambientes escolares, a partir da visão clássica da teoria.

O entendimento de que ambientes de ensino e de aprendizagem devem ser pensados de modo a considerar o potencial das tecnologias de informação e comunicação como uma oportunidade de promover experiências de aprendizagem em que os alunos possam aprender pela interação com esses recursos, vem sendo tratado em diferentes pesquisas, por exemplo, Howland, Jonassen e Marra (2011), Ashburn e Floden (2006), Borba e Villarreal (2005).

Assim, neste artigo, apresentamos resultados de uma pesquisa em que a articulação entre modelagem matemática, aprendizagem significativa e tecnologias foi objeto de estudo em três diferentes Contextos educacionais. Contexto 1: disciplina de modelagem matemática no curso de Licenciatura em Matemática; Contexto 2: minicurso sobre atividades de modelagem matemática com o uso de recursos tecnológicos; Contexto 3: Atividades Práticas Supervisionadas (APS) na disciplina de cálculo numérico em cursos de Engenharia.

A análise inspirada na Teoria Fundamentada em Dados¹, permitiu o olhar para os dados a fim de buscar indicativos sobre a forma com que os estudantes se apropriavam das tecnologias durante as atividades de modelagem matemática. Assim, apresentamos uma atividade desenvolvida em cada Contexto da pesquisa, de modo a elucidar os resultados mais relacionados às questões envolvendo a tecnologia na articulação com as atividades de modelagem e a aprendizagem significativa.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Modelagem Matemática

¹ Teoria Fundamentada em Dados é a tradução para denominar Grounded Theory, uma teoria que teve sua gênese nas ciências sociais, sendo construída pelos sociólogos Barney G. Glaser e Anselm L. Strauss que a divulgaram em 1967 no livro The discovery of grounded theory.

A modelagem matemática é reconhecida na área de Educação Matemática como uma alternativa pedagógica para o ensino e a aprendizagem em que a abordagem de uma situação-problema não essencialmente matemática é feita por meio da Matemática (Blum e Ferri, 2009; Almeida, Silva e Vertuan, 2012).

Em ambientes de ensino com atividades de modelagem procura-se envolver os alunos desde a definição de um problema de interesse, de modo que se sintam corresponsáveis pela investigação a fim de resolver um problema por meio da Matemática. Galbraith (2012), bem como Blum e Ferri (2009), entendem que ao fazer uso da Matemática, considerando tanto o uso de algoritmos quanto conceitos matemáticos em si, os alunos podem, ou aplicar conhecimentos já construídos durante as aulas, ou construir novos conhecimentos. Em muitas situações, ao se envolver com atividades de modelagem, os alunos se deparam diante de um obstáculo para o qual não possuem, provisoriamente, conhecimentos suficientes para superá-lo, de modo que seja necessário buscar esse conhecimento durante a atividade. Logo, em modelagem, os alunos tanto ressignificam conceitos já construídos quanto constroem outros, diante da necessidade de seu uso.

Por *atividade de modelagem matemática* no contexto educacional entendemos que:

de modo geral, uma atividade de modelagem matemática pode ser descrita em termos de uma situação inicial (problemática), de uma situação final desejada (que representa uma solução para a situação inicial) e de um conjunto de procedimentos e conceitos necessários para passar da situação inicial para a situação final. Nesse sentido, relações entre a realidade (origem da situação inicial) e Matemática (área em que os conceitos e os procedimentos estão ancorados) servem de subsídio para que conhecimentos matemáticos e não matemáticos sejam acionados e/ou produzidos e integrados. A essa situação inicial problemática chamamos situação-problema; à situação final desejada associamos uma representação matemática, um modelo matemático (Almeida, 2010, p.399).

Esses autores corroboram com Blum e Ferri (2009) que consideram que uma atividade de modelagem compreende as seguintes fases: situação inicial (problemática); fase de interação (dados, definição de um problema); iii) matematização e resolução (hipóteses, variáveis, modelo matemático); iv) interpretação e validação (análise do modelo); v) situação final (uso do modelo).

O modelo matemático é uma representação simplificada da realidade e pode ser considerado o resultado de uma leitura da mesma, sob a ótica do investigador. Segundo Lesh (2010), um modelo matemático é um sistema conceitual, descritivo ou explicativo, expresso por meio de uma linguagem ou uma estrutura matemática, com a finalidade de descrever o comportamento de outro sistema e permitir a realização de previsões sobre este outro sistema. Ainda de acordo com o autor, é possível que o modelo construído para representar uma situação num dado momento sirva, também, para representar outro sistema em um momento posterior.

Ambientes de ensino e de aprendizagem com modelagem matemática, em geral, estimulam os alunos a interagir e trabalhar em grupos. Assim, os interesses e conhecimentos de cada grupo de alunos envolvido com atividades de modelagem remetem a resoluções que podem fazer uso de diferentes conceitos matemáticos. Neste sentido, ao compartilhar as diferentes resoluções, os alunos tanto põe em evidência aquilo que sabem e pensam a respeito do assunto em questão, quanto conhecem outros modos de pensar sobre o assunto – em termos da matemática usada e das hipóteses e simplificações realizadas (Howland, Jonassen e Marra, 2011; Schukajlow & Krug, 2012).

O trabalho com a modelagem instiga um conjunto de ações que tende a aproximar professor e alunos. Nesse sentido, é natural que se questione como se dá a aprendizagem nesse ambiente. Para Moreira (2014) a aprendizagem significativa é cognitivamente ativa e a modelagem é inerente a essa atividade. Assim, a Teoria da Aprendizagem Significativa é o aporte teórico em que se sustentam reflexões que trazemos nesse texto.

2.2. Aprendizagem Significativa

A Teoria da Aprendizagem Significativa tem sido construída desde a década de 1960 pela dedicação do psicólogo David Paul Ausubel (1918-2008) e de diversos pesquisadores em vários países. A proposta psicoeducativa com perspectiva cognitivista foi divulgada a partir da obra *The Psychology of Meaningful Verbal Learning* (Psicologia da Aprendizagem Verbal Significativa) de 1963. Recentemente, em 2000, Ausubel publicou o que denominou de atualização dessa obra, intitulada *The acquisition and retention of knowledge: A cognitive view*. Quase quarenta anos após a primeira publicação Ausubel mostra que sua teoria continua atual ao reiterá-la, ao mesmo tempo em que destaca as principais variáveis e processos psicológicos envolvidos na aprendizagem e na retenção significativas, visando a criação de novos significados no aprendiz.

Em termos conceituais, Ausubel, Novak e Hanesian (1980) explicam a aprendizagem significativa como um processo de modificação do conhecimento. Por isso destacam a importância dos processos cognitivos dos alunos que ocorrem em uma interação entre as informações novas e a estrutura cognitiva de cada um. Esta estrutura, organizada hierarquicamente, compreende um complexo de informações presentes na mente do indivíduo. Nessa teoria, a estrutura cognitiva representa um dos principais fatores que influenciam a aprendizagem significativa.

Dentre os aspectos que caracterizam a teoria de Ausubel há que se destacar a identificação de três condições básicas para a ocorrência de aprendizagem significativa: a utilização de um material potencialmente significativo nas atividades de ensino; a existência, na estrutura cognitiva do aluno, de conhecimentos prévios (*subsunções*) que permitam o relacionamento do que o aluno já sabe com os conhecimentos novos; e a predisposição positiva do aluno para aprender significativamente (Ausubel, Novak e Hanesian, 1980; Ausubel, 2003).

Para Ausubel, a estrutura cognitiva tende a ser organizada de forma hierárquica onde conceitos e proposições mais inclusivos, com maior poder de generalização, ficam no topo da hierarquia, e abrangem proposições e conceitos menos inclusivos, com menor poder de generalização (Moreira, 2011). Por isso, sugere-se que a organização do material de ensino, das aulas, deve considerar dois princípios: a *diferenciação progressiva* - princípio segundo o qual as ideias mais gerais e inclusivas da disciplina devem ser apresentadas no início e logo sendo diferenciadas em função dos detalhes e da especificidade; e a *reconciliação integradora* - princípio segundo o qual programar o ensino implica na realização de esforços sérios e explícitos para explorar as múltiplas relações entre conceitos parecidos, destacando as semelhanças e as diferenças importantes, de maneira tal que possam esclarecer as inconsistências reais ou aparentes.

Em consonância com as bases da Teoria da Aprendizagem Significativa, Howland, Jonassen e Marra (2011) expressam que:

para que os alunos aprendam de forma significativa, devem se engajar voluntariamente em uma tarefa significativa. Para que a aprendizagem significativa ocorra, a tarefa deve envolver os alunos de forma ativa, construtiva, intencional, autêntica, e de forma colaborativa. Ao invés de testar o conhecimento inerte, as escolas devem ajudar os alunos a aprender como organizar e resolver problemas, compreender fenômenos novos, construir modelos mentais desses fenômenos, e, dada uma situação nova, definir metas e regular sua própria aprendizagem (Howland, Jonassen e Marra 2011, p. 2).

Esses autores entendem que o ensino deve agir no sentido de que os alunos aprofundem e ampliem os significados que constroem ou adquirem por meio da participação nas atividades de aprendizagem. Assim, a natureza das tarefas melhor determina a natureza da aprendizagem do aluno, sendo que as tecnologias podem e devem se tornar ferramentas para a aprendizagem significativa.

2.3. Tecnologias Integradas em Atividades de Modelagem Matemática

As tecnologias de informação e comunicação são importantes aliadas na promoção da educação que visa desenvolver nos estudantes habilidades para a construção do conhecimento, colaboração e pensamento crítico (Howland, Jonassen e Marra, 2011). Contribuem, tanto para aumentar o acesso às informações, quanto como meio para promover a aprendizagem dos estudantes.

Moreira (2014) indica que a modelagem matemática está sempre presente na construção de teorias científicas, da mesma forma, atualmente a modelagem computacional e uso de recursos tecnológicos estão integrados às atividades humanas, e não faz sentido que não seja considerada no contexto do ensino.

Aprender significativamente envolve pensar, é claro, mas esse pensar envolve imaginar, fazer analogias, buscar diferenças e semelhanças, fazer aproximações, modificar,

matematizar, informatizar, analisar criticamente, teorizar, argumentar [...]. Tudo isso para quê? Para ir modelando os novos conhecimentos recebidos, ou para ir construindo novos conhecimentos através da modelagem (Moreira, 2014, p.17-18).

Na perspectiva de pesquisas sobre tecnologias educacionais (por exemplo, Howland, Jonassen e Marra, 2011; Ashburn e Floden, 2006), as tecnologias atuam como elementos provocadores de aprendizagem em sala de aula e podem possibilitar aos alunos espaço para interação e comunicação de ideias e trabalho colaborativo.

Quanto à integração de tecnologias em atividades de modelagem, Malheiros e Franchi (2013) mencionam diversas pesquisas que defendem que a modelagem matemática:

pode ser considerada um enfoque pedagógico em sinergia com as TIC, já que, ao fazer Modelagem, a partir da escolha de um tema de interesse deles, os estudantes, com computadores e outras mídias, procuram soluções para determinados problemas por eles propostos, num processo de investigação no qual o professor se configura como orientador ao longo de todo o processo (Malheiros e Franchi, 2013, p. 178).

Considerando o quadro teórico, nas próximas seções buscamos entendimento sobre três Contextos educacionais estruturados a partir da integração de atividades de modelagem matemática e das tecnologias ao estudo de tópicos específicos do conhecimento matemático, com vistas a potencializar a ocorrência de aprendizagem significativa dos estudantes.

3. A PESQUISA

Os pressupostos da teoria da aprendizagem significativa consideram que o papel do professor deve ser o de pensar e organizar o ensino, visando à ocorrência da aprendizagem significativa. A elaboração ou seleção do material de ensino, bem como o conhecimento sobre o que já sabem os alunos é requisito fundamental. No mesmo sentido, ao se propor trabalhar com modelagem matemática no âmbito educacional, o professor assume um compromisso que lhe exige planejamento e envolvimento com o ensino e a aprendizagem dos estudantes. Deste modo, um conjunto de elementos se faz necessário para estruturar o desenvolvimento de atividades de modelagem com vistas à aprendizagem significativa e mediado pela tecnologia, dentre eles destacamos: espaço físico disponível, como a sala de aula e a WEB como uma extensão desta; disponibilidade de recursos tecnológicos; espaço aberto ao diálogo entre alunos e com o professor; alunos estimulados a aprender e professor disposto a orientar e avaliar de acordo com os pressupostos teóricos adotados.

Considerando esses elementos, a investigação se deu em três Contextos educacionais (conforme seção 3.2) que partilhavam o fato de que os participantes eram iniciantes em modelagem matemática. Nos três casos, oferecemos as condições para o estabelecimento de ambientes de modelagem munidos de recursos tecnológicos, espaços

estes, em teoria, propícios à ocorrência da aprendizagem significativa.

3.1. Encaminhamentos Metodológicos

Para dar suporte as análises dos dados, optamos por seguir a proposta metodológica da Teoria Fundamentada em Dados (TFD), a partir da perspectiva de Charmaz (2009).

A TFD segue os princípios da metodologia qualitativa em que os dados formam a base para a elaboração de uma teoria, e a análise que o pesquisador faz desses dados origina constructos teóricos que explicitam aspectos relevantes com relação ao pesquisado.

Enquanto metodología, a TFD favorece a percepção dos dados sob uma perspectiva inovadora e orienta que a exploração das ideias sobre os dados ocorra a partir de uma codificação sistemática dos dados aliada a redação analítica, desde o início da pesquisa. Os procedimentos indicados por Charmaz (2009) permitem, sobretudo, conduzir, controlar e organizar a coleta de dados bem como, construir uma análise original a seu respeito.

Segundo procedimentos da teoria fundamentada, com a codificação e análise dos dados provenientes do Contexto 1, que compõe o que denominamos *amostragem inicial*, identificamos categorias provisórias, e dentre elas, para os propósitos desse texto, mencionamos a categoria denominada *relações com a tecnologia e seus usos*. A fim de nos certificarmos de que as categorias provisórias seriam elevadas a categorias analíticas, buscamos novos dados com o desenvolvimento de unidades de ensino no Contexto 2 e no Contexto 3, que constituíram a *amostragem teórica* de nossa pesquisa e permitiram a codificação focalizada, que se deu por meio da integração dos dados desses dois Contextos à análise inicial.

Optamos por realizar nossas análises orientadas por essa teoria, por entender que a investigação sobre a articulação entre modelagem matemática, aprendizagem significativa e tecnologias poderia ser melhor discutida a partir da análise sistemática dos dados de cada Contexto e do conjunto de dados de todos os Contextos. Assim, realizamos uma *análise específica* dos dados, para cada um dos três Contextos, depois olhamos para o conjunto todo em uma *análise global*.

3.2. Os Contextos da Pesquisa

Apenas a escolha do primeiro Contexto educacional foi realizada a princípio, os outros dois foram definidos em decorrência das análises iniciais e da necessidade de avançar na compreensão sobre aspectos apontados a partir do Contexto 1. Dentre outras questões, os dados indicavam, a partir do processo de codificação, ser relevante compreender como os estudantes se apropriavam das tecnologias durante as atividades de modelagem matemática.

Assim, optamos por Contextos em que a pesquisadora, primeira autora, pudesse fazer a proposição das atividades, realizar a orientação dos trabalhos dos grupos e atuar como

professora. Desse modo, na sequência, caracterizamos cada um dos Contextos.

O Contexto 1 compreende o desenvolvimento de uma unidade de ensino para o estudo de Equações de Diferenças, desenvolvida na disciplina de Modelagem Matemática na Perspectiva da Educação Matemática, situada no quarto ano da grade curricular do curso de Licenciatura em Matemática, de uma universidade pública brasileira e ministrada pela segunda autora desse texto. Dezenove alunos compunham a turma que participou das atividades no segundo bimestre de 2012. O estudo de tópicos de equações de diferenças de primeira e de segunda ordem foi mediado por atividades de modelagem matemática ao longo de doze horas-aula. Outros dois encontros, em horário extraclasse, foram destinados à orientação dos trabalhos de modelagem desenvolvidos por quatro grupos de alunos.

O Contexto 2 foi constituído pelas atividades do minicurso intitulado *Atividades de Modelagem Matemática com o uso de Recursos Tecnológicos* proposto pela primeira autora desse texto como parte das atividades da edição de 2012 do Encontro Paranaense de Modelagem em Educação Matemática. O estudo contemplava conhecimentos matemáticos abordados desde o Ensino Fundamental, dado que o público do evento compreendia estudantes de graduação, professores do Ensino Fundamental e professores de Graduação e Pós-Graduação nas áreas de Matemática e Educação Matemática. O minicurso, com duração de 3,5 horas, contou com a participação de vinte e três inscritos e teve o intuito de desenvolver atividades de modelagem permeada pelo uso de tecnologias, dentre as quais a videoanálise.

O Contexto 3 corresponde ao projeto de ensino intitulado *Atividades de Modelagem Matemática no estudo de temas da disciplina de Cálculo Numérico*, proposto aos alunos das disciplinas de Cálculo Numérico dos cursos de Engenharia Ambiental e de Engenharia de Materiais no segundo semestre letivo de 2012 em um câmpus da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Os quarenta e cinco alunos matriculados na disciplina estavam distribuídos em três turmas, sob responsabilidade do mesmo professor. Neste caso, a pesquisa se voltou às práticas dos alunos durante as Atividades Práticas Supervisionadas que fazem parte da carga horária da disciplina. Tais atividades são definidas como atividades acadêmicas desenvolvidas sob a orientação, supervisão e avaliação de docentes e realizadas pelos discentes em horários diferentes daqueles destinados às atividades presenciais. Desse modo, o projeto de doze horas foi proposto visando complementar os estudos das aulas presenciais, em que os alunos, em quatorze grupos, foram orientados e acompanhados pela professora pesquisadora.

As informações, que compreendem dados da pesquisa, foram captadas por diferentes meios: registros dos alunos; relatórios elaborados pela professora após cada aula ou encontro de orientação e ficha de acompanhamento das atividades dos grupos; arquivos de vídeo, tanto das aulas quanto dos encontros com os grupos para orientação dos trabalhos.

A fim de nos referirmos aos participantes envolvidos em cada Contexto, atribuímos um código em que a primeira parte remete ao Contexto (C1,C2 ou C3) e na segunda parte a letra indica uma referência do aluno no grupo e o número indica o grupo a que o aluno pertence, por exemplo, C1(A1) indica que trata-se do primeiro aluno do Grupo 1, do Contexto 1, enquanto C3(B10) indica o segundo aluno do Grupo 10, no Contexto 3. Como no Contexto 2 os participantes não trabalharam em grupos, foram identificados como C2(n), com n variando de 1 à 23.

Com o intuito de apresentar elementos que permitam as análises, na próxima seção trazemos a descrição de apenas uma atividade de modelagem de cada Contexto da pesquisa, devido a limitação do espaço. A descrição completa dessas atividades e das atividades de outros grupos consta em Borssoi (2013).

3.3. Atividades de Modelagem Matemática

Nos Contextos 1 e 3 os alunos reunidos em grupos deveriam desenvolver, em horário extraclasse, uma atividade de modelagem como parte das atividades de aprendizagem propostas. No sentido do exposto na seção 2.1, os grupos tinham a liberdade escolher a situação-problema que gostariam de estudar. No Contexto 2, os participantes tiveram um tempo para desenvolver a atividade de modelagem durante o minicurso, a partir de uma única situação-problema proposta. Em todos os casos os alunos poderiam contar com a orientação da professora presencialmente ou virtualmente.

Quanto a escolha das atividades apresentadas nesse texto, optamos por exemplares que nos permitam ilustrar resultados obtidos com a pesquisa, no sentido do objetivo proposto, se não essas, atividades de outros grupos poderiam ter sido escolhidas.

3.3.1 Atividade do Grupo G1, do Contexto 1 (C1G1): Perspectiva futura de doações de sangue

As informações sobre o processo de produção de hemocomponentes e dados sobre o histórico de doações de sangue foram obtidos por um dos integrantes do grupo, que trabalhava no Hemocentro Regional de Londrina. Interessados em compreender a dinâmica da disponibilidade do banco de sangue dessa entidade deu-se a problematização estudada pelo grupo.

A problemática escolhida pelo grupo trouxe diversas informações, as quais poderiam dar origem a diferentes problemas a serem modelados. Assim, o grupo procurou a orientação da professora que os fez perceber que aspectos deveriam ser levados em conta para que o estudo contemplasse um modelo de equações de diferenças.

Para o estudo, o grupo considerou informações referentes às coletas internas, dado que as coletas externas podem não apresentar a mesma regularidade e sofrer variações decorrentes da disponibilidade de unidades móveis para coleta, campanhas e outros fatores.

Com isso, o problema que o grupo se propôs a estudar visava estimar o número de coletas internas para os anos subsequentes a partir de um modelo matemático.

Inicialmente, usando uma calculadora, fizeram cálculos tomando os dados consecutivos, dois a dois, cujos resultados registravam no papel, depois, lançaram mão de usar a representação gráfica do conjunto de dados, que forneceu a tendência das doações com o passar dos anos, no período de 2007 a 2011 (Figura 1). Com isso, observaram que havia indício de linearidade, porém, um comentário da professora fez com que os alunos reavaliassem a variação, entendendo que poderia ser exponencial.

A Figura 1 apresenta diversos registros da atividade de modelagem.

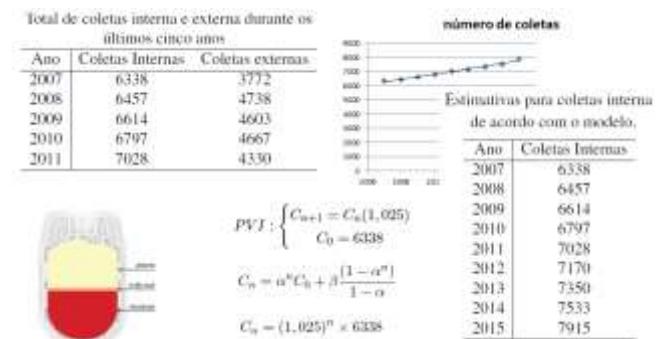


Figura 1: Recortes da atividade de modelagem do Grupo G1C1

As variáveis foram definidas por quantidade de coletas internas e n : tempo, em anos. O grupo optou por construir uma relação de recorrência iniciando pela diferença onde i representava a taxa de crescimento no número de coletas internas de um ano para o outro, corresponde ao ano de 2007, ao de 2008 e assim por diante. Construíram uma sequência em que o termo seguinte sempre depende do anterior, representada pela equação de diferenças de primeira ordem

Os cálculos iniciais indicaram que as variações de um ano para outro se mantiveram muito próximas, por isso, optaram por adotar como taxa de crescimento a média das variações no período (2,5%). Chegaram a equação de diferenças cujo problema de valor inicial (PVI), bem como sua solução, se encontram na Figura 1, que também traz a tabela e o gráfico obtidos após a obtenção do modelo.

Com base nos resultados, o grupo realizou a discussão e validação do modelo, segundo o qual permitiu perceber que o número de coletas internas tende a crescer, embora não expressivamente, considerando o cenário indicado pelo histórico. Os alunos comentaram que a relevância do modelo está em poder estimar o número de coletas de sangue futuras até para tomar medidas a fim de que os números atendam a demanda.

3.3.2 Atividade do Contexto 2: Percurso de um carrinho de fricção

Os participantes do Contexto 2 se envolveram no desenvolvimento de duas atividades de modelagem, ambas referentes ao movimento de corpos, com o propósito de problematizar e modelar as situações com o recurso da videoanálise a partir do *software* Tracker². A primeira atividade propunha o estudo do lançamento oblíquo de uma bola. Nessa atividade, a hipótese de que a trajetória da bola é parabólica poderia vir da influência visual do movimento, dessa forma, propusemos estudar o percurso retilíneo de um carrinho de fricção para que esse aspecto pudesse ser observado e discutido.

Inicialmente, na sala de aula, o carrinho foi posto em funcionamento de modo que os participantes compreendessem a situação a ser problematizada e, posteriormente, um vídeo de curta duração ilustrando o mesmo movimento foi exibido de modo a observar o percurso do carrinho (Figura 2).

Pensar sobre o modelo que representaria a nova situação, apenas pela observação do movimento, desencadeou um diálogo entre os participantes e a professora. Conceitos da Física foram mencionados pelos participantes visando a formulação de hipóteses sobre o modelo matemático. Assim, determinar a relação entre distância percorrida pelo carrinho no decorrer do tempo, durante o período em que inicia o movimento até obter novamente o repouso, foi o propósito sugerido pelos participantes.



Figura 2: Carrinho de fricção em movimento.

A matematização da situação se deu a partir da definição das seguintes hipóteses, decorrentes da observação do movimento do carrinho durante o percurso e dos diálogos iniciais: H_1 : não será considerado o atrito com a superfície; H_2 : o modelo que descreve a variação da distância no decorrer do tempo é linear.

Não houve consenso, a princípio, sobre o modelo que poderia descrever o movimento. Foi proposto então que a obtenção dos dados fosse conduzida por meio do *Tracker*. Assim, a videoanálise passou a influenciar a definição do modelo.

Durante a exibição do vídeo com o percurso do carrinho o programa permitiu registrar sua posição em intervalos iguais de tempo. Simultaneamente o *Tracker* ilustrou o gráfico representando a variação da distância do carrinho em relação ao tempo, e à medida que os pontos eram marcados

no gráfico uma nova hipótese H_2 foi sendo refutada e uma nova hipótese foi considerada - H_3 : o modelo que descreve a variação da distância no decorrer do tempo é quadrático.

A ferramenta de análise foi usada para testar as Hipótese H_2 e H_3 e a Figura 3 (a) e (b) ilustra o comparativo dos ajustes linear e quadrático, respectivamente.

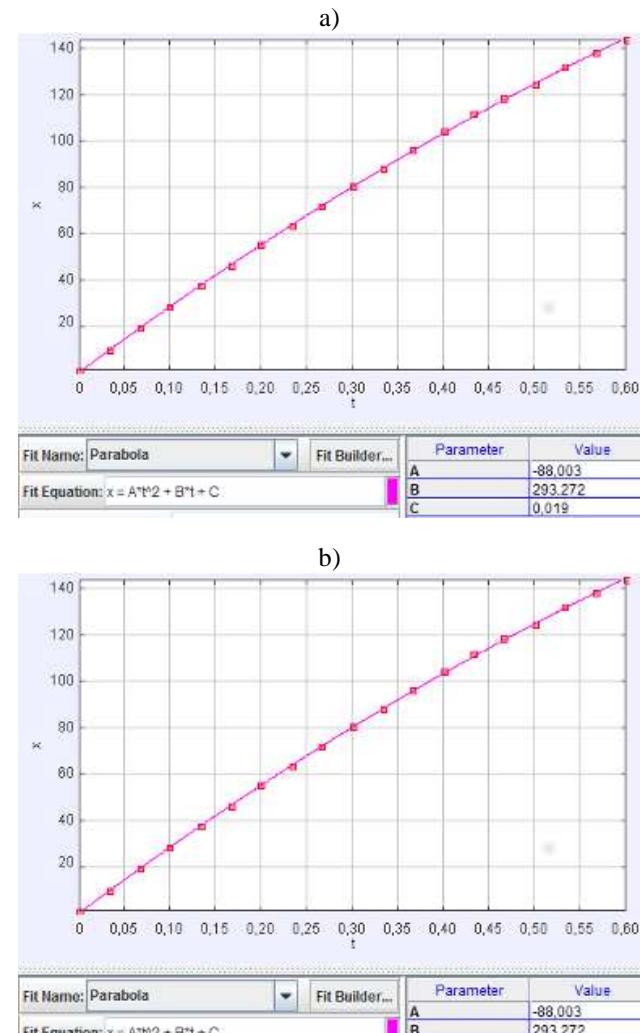


Figura 3 – Ferramenta de análise disponível no *Tracker*, para os dados coletados a partir do vídeo.

As variáveis consideradas foram o tempo (t , em segundos) e a distância percorrida pelo carrinho (y , em centímetros).

Desse modo, levando em consideração a hipótese de que o modelo é quadrático, $y = at^2 + bt + c$, os parâmetros a , b e c foram obtidos pelo programa. (ver Figura 3 (b)) e o modelo que representa o movimento é $y = -88,003t^2 + 293,27t + 0,019$ e pode ser validado considerando conceitos físicos.

3.3.3 Atividade do Grupo 10, do Contexto 3 (C3G10): Análise de Circuitos Elétricos

A atividade de modelagem foi desenvolvida por um grupo de três alunos do curso de Engenharia de Materiais a partir

² O Tracker: video analysis and modeling tools, é um *software* gratuito que possibilita a videoanálise e construção de modelos de fenômenos físicos.

da montagem de um circuito elétrico com a utilização de uma placa *protoboard*, resistências e fonte. O problema definido pelo grupo consistia em determinar a corrente que passa em cada ramo de um circuito composto por múltiplas malhas com resistências e fontes.

Para formular um modelo matemático, uma estrutura simples composta por uma bateria (fonte) e seis resistências foi utilizada. Para a solução do problema se fazia necessário o conhecimento dos valores das resistências e da fonte que alimentava o circuito. Assim, a leitura da tensão foi realizada com um multímetro digital na função de voltímetro, enquanto que a leitura das resistências foi realizada com o mesmo equipamento na função de ohmímetro. Depois, um *software* específico possibilitou o desenvolvimento e análise de circuitos. O esquema utilizado no experimento, montado em uma *protoboard*, está representado na Figura 4, onde também podem ser vistos outros registros da atividade desenvolvida pelo grupo.

O modelo para análise de circuitos de múltiplas malhas consistiu em um sistema de equações lineares com três equações e três incógnitas, cuja elaboração se deu a partir de conceitos tais como: 1^a lei de Ohm, regra das malhas, regra dos nós, resistências em série, resistências em paralelo, e as leis de Kirchhoff. Os coeficientes dos termos das equações correspondiam aos dados indicados no circuito da Figura 4.

A solução do sistema foi obtida a partir da implementação do método exato de eliminação de Gauss e também do método iterativo de Gauss-Seidel, estudados durante a disciplina de cálculo numérico. O algoritmo implementado em um sistema de computação algébrica para o último método citado está na Figura 4.

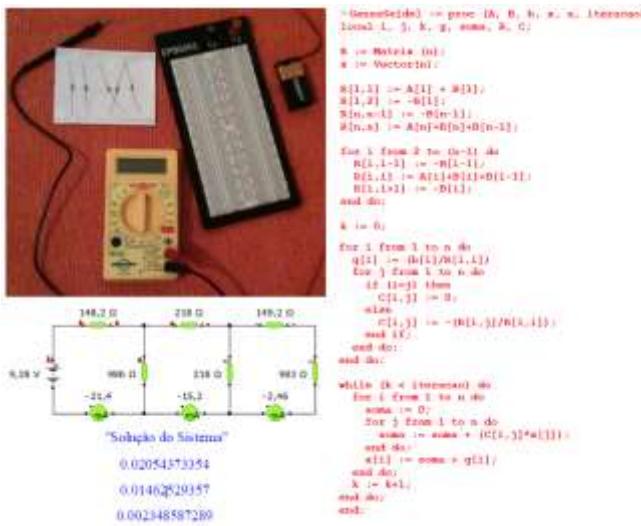


Figura 4: Recortes da atividade de modelagem do Grupo C3G10

Segundo o entendimento dos alunos, com o trabalho, concluiu-se que, quando o número de malhas analisadas é pequeno, é preferível fazer uso do método da eliminação de Gauss, uma vez que ele é exato. A velocidade de processamento de ambos os métodos é algo que deve ser levado em consideração. Porém, para poucas malhas, a

diferença de velocidade entre ambos não é perceptível. A vantagem da utilização do método de Gauss-Seidel em relação ao método da eliminação de Gauss está na facilidade e no menor número de operações necessárias para se encontrar uma solução, quando considerado um sistema com grande quantidade de equações e incógnitas.

O uso da modelagem matemática, especificamente, os métodos para solução de sistemas lineares, mostrou-se eficaz para determinação das correntes em um circuito de múltiplas malhas, uma vez que a solução do sistema com o uso de ferramentas computacionais retornou os valores reais das correntes medidas com o multímetro na função de amperímetro.

4. ANÁLISE DOS DADOS E RESULTADOS DA PESQUISA

As atividades ilustram a forma com que os alunos se relacionavam com a tecnologia, desde o que falavam sobre, até os usos que faziam dela. Procuramos então a compreensão analítica de aspectos recorrentes nos diferentes Contextos, e as implicações das formas como os estudantes se apropriavam das tecnologias durante as atividades de modelagem matemática.

Na atividade relatada na seção 3.3.1, identificamos que os recursos tecnológicos atuaram mais como auxiliares (pesquisa na *Internet*, comunicação por e-mail, multimídia para apresentação do trabalho, e uso de *software*). Embora os alunos C1(A1), C1(B1) e C1(F1), a princípio, tenham comentado não saber como construir o modelo a partir da hipótese (de ser linear ou de ser exponencial), C1(D1) comentou: “O duro é chegar no modelo, é pensar na regularidade para montar uma sequência, resolver a equação não é difícil”. A estratégia sugerida por esse aluno foi lançar mão de um programa para realizar ajuste de curvas para avaliar a tendência dos dados, embora estivessem estudando um problema de variável discreta.

Como afirma Galbraith (2011), esta abordagem tem se tornado mais usual com a disponibilidade de *softwares* e calculadoras gráficas com opção por métodos de regressão nos menus. No entanto, o autor faz a ressalva de que um modelo obtido por este meio pode tornar-se meramente um produto técnico, cujos parâmetros variam com o conjunto de dados em particular, gerado na ignorância completa dos princípios subjacentes a situação real, muitas vezes sem mesmo o conhecimento sobre a procedência dos dados.

No caso mencionado, entendemos que o recurso inicialmente ajudou a definir hipóteses para a obtenção do modelo, que se deu a partir de conceitos de equações de diferenças. Já na fase de validação e interpretação do modelo novamente mencionaram o recurso: “Montando novamente o gráfico podemos ter uma ideia do comportamento do modelo ao qual chegamos. Analisando o gráfico (Figura 1) podemos ver, após inserir a linha de tendência, que, ainda, para esse conjunto de dados ela se ajusta bem e será crescente”.

A apropriação da tecnologia no Contexto 2 se deu de forma guiada, pois os participantes desconheciam o *software* Traker. Porém, aqueles que se manifestaram durante as discussões, de algum modo, aceitaram pensar a partir da influência proporcionada pelo *software*, mesmo que as intervenções da professora e de outros colegas possam também ter colaborado para o avanço em compreensão da situação-problema, do processo de modelagem e dos objetos matemáticos componentes do estudo.

O recurso da videoanálise foi um importante elemento mediador das discussões e definições que promoveram as atividades de modelagem. Embora ambas as situações fossem representadas pelo mesmo objeto matemático (função quadrática), as hipóteses sugeridas inicialmente apontavam a influência visual do movimento, o que levou a supor o movimento linear realizado pelo carrinho de fricção, já que não consideraram, inicialmente, como a desaceleração refletiria na taxa de variação da distância percorrida em relação ao tempo. A esse respeito, as duas atividades de modelagem, associadas à videoanálise, oportunizaram refletir também sobre a importância de se levantar hipóteses fundamentadas na situação real e em conceitos de outras áreas, como na Física, nos casos.

Embora não possamos definir o Tracker como um ser pensante, a atitude de se deixar pensar pela influência do *software* o integra e o inclui em um sistema que gera ideias, pensamentos e expressão de modelos mentais. Esse recurso tecnológico pode ser encarado como um *outro* que tem o papel de colaborador, que integra um grupo colaborativo. Assim, para aqueles em que a tecnologia integrada à abordagem do problema tenha levado a pensar, fazer conjecturas, podemos inferir que a tecnologia atuou como uma parceira intelectual, no sentido definido por Howland, Jonassen e Marra (2011).

Evidenciamos esse uso da tecnologia também na situação no Contexto 3, descrita na seção 3.3.3. O sistema composto por equipamentos tecnológicos (placa *protoboard*, multímetro, resistências,...), Figura 4, foi construído com o intuito de gerar dados a partir dos quais as outras fases da modelagem foram pensadas e desenvolvidas, em parte com uso de outros recursos tecnológicos, tais como: *software* para análise do circuito, *software* para implementação dos algoritmos e a *Internet*. Os comentários de C3(B10) se referem a influência das tecnologias empregadas na situação inicial e depois, a aprendizagem proporcionada com o desenvolvimento do projeto.

O trabalho, além de desenvolver um novo conceito e entendimento a respeito da modelagem matemática, foi influente para a compreensão de recursos tecnológicos modernos, como as placas de circuito impressos e circuitos integrados, devido a sua aplicabilidade na análise de circuitos elétricos C3(B10).

*A compreensão do uso de ferramentas computacionais pode ser utilizada para representação de fenômenos complexos. Além do uso da *protoboard*, uma matriz de contatos, permite uma pré-análise de circuitos, antes de serem*

soldados os componentes, por exemplo, em uma placa-mãe C3(B10).

Um esforço que colaborou para uma nova aprendizagem, como expressa a aluna C3(C10) diz respeito à modelagem da situação-problema, e a implementação do método de Gauss-Seidel, que não havia sido usado antes.

Entender como funciona a busca pelo valor da corrente e conseguir encontrar uma matriz que deve ser composta por 2 vetores distintos cuja lógica parecia impossível. Confesso que fiquei orgulhosa quando consegui achar uma lógica para montar a Matriz R C3(C10).

Inferimos que a tecnologia integrou um grupo colaborativo e desempenhou um papel relevante no desenvolvimento das atividades de modelagem pelos alunos. A esse respeito, encontramos na literatura legitimação para nossas inferências, como em Moreira (2011), Howland, Jonassen e Marra (2011), Borba e Villarreal (2005).

Moreira (2011) sugere que a presença da tecnologia, mais especificamente do computador, amplia a visão triádica da captação de significados considerando a interação entre aluno, professor e materiais educativos e inclui a mediação do computador. Segundo o autor,

Atividades como simulação e modelagem computacional passam a integrar o ensino não apenas como recurso didático, mas como mecanismos que podem levar a um outro tipo de cognição, a novos processos cognitivos, quiçá a uma outra aprendizagem significativa (Moreira, 2011, p. 173).

Em Howland, Jonassen e Marra (2011) o termo sugerido para expressar essa forma de uso é, tecnologia como *parceira intelectual*. Esses autores acreditam que as tecnologias devem ser consideradas como ferramenta de aprendizagem com a qual os alunos possam aprender como organizar e resolver problemas, compreender fenômenos novos, construir modelos desses fenômenos, e, dada uma situação nova, definir metas e regular sua própria aprendizagem, além de constituir um meio para os alunos interagirem e comunicarem suas ideias, trabalhando de modo colaborativo.

No sentido de Borba e Villarreal (2005), nossa pesquisa permitiu identificar diferentes coletivos de seres-humanos-com-mídias, constituídos nas diferentes unidades de ensino, à medida que os alunos utilizavam das diferentes mídias. A partir das escolhas, ou dos usos, das mídias feitas pelos alunos durante o desenvolvimento das atividades de modelagem, organizaram-se diferentes coletivos de seres-humanos-com-mídias. Em cada coletivo as contribuições para a mobilização de conhecimentos se diferenciam e depende da qualidade da interação de seus componentes. Com isso, a tecnologia pode ou não ser vista como parceira intelectual, podendo favorecer em maior ou em menor medida a facilitação da aprendizagem significativa.

Entendemos que oferecer um ambiente, que dispõe de tais recursos, desde as aulas, bem como propor atividades que

provoquem os alunos a lançar mão da tecnologia, pode promover a motivação ao uso. As atividades de modelagem, em especial, parecem provocar os alunos a buscar tais recursos, como podemos constatar a partir da pesquisa realizada e ilustrada pontualmente na seção 3.3.

Noutro sentido, dentre as formas de apropriação da tecnologia que reconhecemos em outros dados da pesquisa encontram-se algumas que remetem a uma intenção do aluno de reduzir esforços. Para ilustrar citamos o trabalho descrito em 3.3.1, em que o grupo, inicialmente, usou um *software* na tentativa de identificar o modelo mais adequado pela manipulação do recuso de ajuste de curvas, no sentido indicado por Galbraith (2011). Se o grupo se desse por satisfeito com essa primeira investida, o modelo teria sido obtido sem estabelecer relações entre conceitos matemáticos e não matemáticos, e sem considerar características da modelagem matemática. Quanto a isso, algumas questões poderiam ser colocadas: qual a aprendizagem decorrente da atividade? que conceitos subsunções teriam sido mobilizados e/ou modificados? como teriam procedido os alunos se não usassem a tecnologia?. Essas são questões sobre as quais não podemos inferir, de modo que a relação da aprendizagem significativa com a tecnologia não se elucida nesses casos.

O monitoramento para evitar que a tecnologia seja usada de forma inadequada pelo aluno pode decorrer da proximidade do professor na orientação dos alunos durante as atividades de aprendizagem. A exemplo, em nossa pesquisa o acompanhamento por meio dos encontros de orientação, e mesmo pelos contatos virtuais, trouxe a possibilidade de realizar a avaliação formativa, seja do grupo, seja de cada aluno, de forma que não seria possível se não houvesse tal proximidade. Tanto mais eficaz foi a avaliação quanto mais os grupos se deixaram aproximar.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As reflexões que trazemos nesse texto são resultados de um trabalho de pesquisa desenvolvido com o intuito de compreender as implicações da articulação entre modelagem matemática, aprendizagem significativa e tecnologias para o ensino e a aprendizagem de estudantes. Assim, elementos constituintes da pesquisa foram explicitados de modo a compreender de que forma os estudantes se apropriavam das tecnologias durante as atividades de modelagem desenvolvidas em três Contextos educacionais.

A partir do nosso olhar para os dados e das reflexões decorrentes, entendemos que contextos de ensino e de aprendizagem como os pesquisados podem mobilizar os alunos ao trabalho colaborativo, quando passam a pensar juntos com os pares, com o professor, com a tecnologia, sendo esta, considerada uma parceira intelectual.

Quanto ao papel da tecnologia integrado às atividades, percebemos que a *Internet* foi um recurso presente em todos os trabalhos, em geral, como ferramenta de pesquisa, seja para obtenção de dados e consulta à literatura referente aos diversos temas estudados, seja usando tecnologia para a

comunicação entre pares e com a professora, pelas redes sociais ou ferramentas de compartilhamento de dados, além do uso de *softwares* para tratamento de dados, implementação de algoritmos, visualização tabular e gráfica dos resultados. Em alguns casos, constatamos grupos usando tecnologias para produção de dados em trabalhos experimentais.

Como mencionamos inicialmente, este artigo se propõe a apresentar parte dos resultados de uma pesquisa sobre como ambientes de ensino e de aprendizagem que consideram atividades de modelagem matemática, dispõem de recursos tecnológicos e são sequencialmente estruturados como unidades de ensino, viabilizam a aprendizagem significativa dos estudantes. Embora tenhamos nos restringido as implicações sobre a forma como os alunos lidam com a tecnologia em atividades de modelagem matemática por eles desenvolvidas, este texto deixa em aberto outras discussões.

Encontramos indícios de que a modelagem de situações-problema associada a disponibilidade de recursos tecnológicos pode ser facilitadora da aprendizagem significativa e é adequada para compor ambientes favoráveis ao despertar da intencionalidade para aprender. Assim, trabalhos futuros podem versar sobre a aprendizagem significativa dos estudantes nos Contextos mencionados ou mesmo em outros contextos educacionais, e os efeitos das formas como eles lidam com diferentes tecnologias nas atividades de modelagem.

REFERÊNCIAS

- Almeida, L. M. W; Silva, K. A. P; Vertuan, R. E. (2012). *Modelagem Matemática na Educação Básica*. São Paulo: Contexto.
- Almeida, L. M. W. (2010). Um olhar semiótico sobre modelos e modelagem: metáforas como foco de análise. *Zetetiké*, Campinas, v. 18, número temático, 379-406.
- Ashburn, E. A.; Floden, R. E. (2006). *Meaningful Learning Using Technology: What Educators Need to Know and Do*. New York: Teachers College, Columbia University. 232 p.
- Ausubel, D. P. (2003). *Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva*. Lisboa: Plátano.
- Ausubel, D. P.; Novak, J. D. e Hanesian, H. (1980). *Psicologia Educacional*. Trad. de Eva Nick. 2 ed. Rio de Janeiro, Interamericana.
- Blum, W. e Ferri, R. B. (2009). Mathematical Modelling: Can It Be Taught And Learnt? *Journal of Mathematical Modelling and Application*, Vol. 1, No. 1, 45-58.
- Borba, M. C.; Villarreal, M. E. (2005). *Humans-with-Media and Reorganization of Mathematical Thinking: Information and Communication Technologies, Modeling, Visualization and Experimentation*. New York: Springer Science+Business Media, Inc.

Borssoi, A. H. (2013). *Modelagem Matemática, Aprendizagem Significativa e Tecnologias: articulações em diferentes Contextos Educacionais*. Tese de Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2013.

Charmaz, K. (2009). *A construção da teoria fundamentada - Guia prático para análise qualitativa*. Trad. Joice Elias Costa. Porto Alegre: Artmed. 272p.

Galbraith, P. (2011). Models of modelling: Is there a first among equals? In: Julie Clark, Barry Kissane, Judith Mousley, Toby Spencer and Steve Thornton, Proceedings of the AAMT-MERGA Conference 2011. *Mathematics: Traditions and [New] Practices AAMT-MERGA Conference 2011*, Alice Springs, Australia, (p. 279-287). Disponível em:<<http://www.merga.net.au/documents>>. Acesso em 27 abr. 2013.

Howland, J. L; Jonassen, D; Marra, R. M. (2011). *Meaningful Learning with Technology*. 4. ed. Boston: Pearson. 292 p.

Lesh, R. (2010). Tools, Researchable Issues & Conjectures for investigating what it means to Understand Statistics (or Other Topics) Meaningfully. *Journal of Mathematical Modelling and Application*, 2(1), 16-48.

Malheiros, A. P. S., Franchi, R. H. O. L. (2013). As Tecnologias da Informação e Comunicação nas produções sobre Modelagem no GPIMEM. In: *Tecnologias Digitais e*

Educação Matemática. 1 ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 175-194.

Moreira, M. A. (2014). Modelos científicos, modelos mentais, modelagem computacional e modelagem matemática: aspectos epistemológicos e implicações para o ensino. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*. Ponta Grossa, v. 7, n. 2, p. 1-20, mai-ago. 2014. ISSN – 1982-873X. Disponível em: <<http://periodicos.utfpr.edu.br/index.php/rbect/issue/view/127>>. Acesso em 01 out. 2014.

Moreira, M. A. (2011). *Aprendizagem Significativa: a teoria e textos complementares*. São Paulo: Editora Livraria da Física. 179 p.

Novak, J. D. (2011). A Theory of Education: meaningful learning underlies the constructive integration of thinking, feeling, and acting leading to empowerment for commitment and responsibility. *Aprendizagem Significativa em Revista*, Porto Alegre, v. 1, n. 2, p.1-14, ago. 2011. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/asr>>. Acesso em: 05 fev. 2012.

Schukajlow, S. & Krug, A. (2012). Treating Multiple Solutions in the Classroom and their Influence on Students' Achievements and the Affect –Theoretical Background and Design of the Quasi-empirical Study. *12th International Congress on Mathematical Education*, COEX, Seoul, Korea. pp. abcde-fghij. Disponível em: <<http://icme12.org/upload/UpFile2/TSG/1618.pdf>>. Acesso em: 25 set. 2014.

Adriana Helena Borssoi

Licenciada em Matemática pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Mestre e Doutora em Ensino de Ciências e Educação Matemática pela Universidade Estadual de Londrina. Docente da UTFPR - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina, onde atua nos cursos de Graduação e no Programa de Pós-Graduação, Mestrado Profissional em Ensino de Matemática, na linha de pesquisa: Recursos Educacionais e Tecnologias no Ensino de Matemática. Tem experiência na área de Educação Matemática, com ênfase em Métodos e Técnicas de Ensino, atuando principalmente nos seguintes temas: Modelagem Matemática, Aprendizagem Significativa e Tecnologias Educacionais. Outras informações no CV: <http://lattes.cnpq.br/1393224739848502>. E-mail: adrianaborssoi@utfpr.edu.br