XI Conferência Nacional sobre Modelagem na Educação Matemática
ISSN: 2176-0489
MODELAGEM MATEMÁTICA NA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA E A ESCOLA BRASILEIRA: ATUALIDADE E PERSPECTIVAS
Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG ● 14 a 16 de novembro de 2019 ● Belo Horizonte, MG

ETAPAS DA MODELAGEM A PARTIR DA ANIMAÇÃO "PROCURANDO NEMO"

Rodolfo Chaves
Instituto Federal do Espírito Santo – Ifes – Gepemem
rodolfochaves20@gmail.com

Lucca Jeveaux Oliveira Bonatto
Instituto Federal do Espírito Santo – Ifes – Gepemem
lucca.rc@hotmail.com

Alexandre Krüger Zocolotti
Instituto Federal do Espírito Santo – Ifes – Gepemem
akruger.vix@gmail.com

Larissa Toniato
Instituto Federal do Espírito Santo – Ifes – Gepemem
larissatoniato@gmail.com

RESUMO

O presente relato de experiência é fruto de uma prática educativa, aplicada na disciplina de Modelagem na Educação Básica, ministrada no curso de Licenciatura em Matemática, do Instituto Federal do Espírito Santo e no Ciclo de Palestras de Matemática, do Departamento de Matemática, na Universidade Federal de Santa Maria – RS. Os atores do processo foram sessenta e seis licenciandos em Matemática, sendo trinta e dois do Ifes e trinta e quatro da UFSM, respectivamente. O objetivo foi, em um primeiro contato com o tema, apresentar as etapas da Modelagem, discutir a lei do fluxo laminar e apresentar possíveis erros de interpretação na animação "Procurando Nemo", quando um grupo de tartarugas navega pela corrente leste australiana. O procedimento adotado à análise e coleta de dados foi o método de análise da produção de significados, no viés Modelo dos Campos Semânticos. A partir dos significados produzidos pelos atores concluímos que a referida prática, nos moldes propostos, elucidou as etapas da Modelagem, permitindo discutir o reconhecimento da situação problema, a formulação de hipóteses, o uso e a validação do modelo, a interpretação da solução, bem como uma discussão a respeito do consumo exacerbado e do descarte inadequado, sobretudo de plástico nos oceanos.

Palavras-chave: Etapas da Modelagem; Recurso midiático de animação; Produção de significados.

INTRODUÇÃO

Entendemos que, adotar a Modelagem Matemática como procedimento nos processos de ensino e de aprendizagem, implica em romper com o caráter prescritivo que usualmente é adotado no paradigma do exercício, conforme apresentado em Skovsmose (2000). Da mesma forma, tal escolha indica a disposição em abandonar a zona de conforto, usualmente presente na ação seguir fidedignamente livros didáticos e planos lineares de cursos. A tal respeito, o texto Hein e Biembengut (2007) nos lembra que, na Matemática, há um *modus operandi*

ISSN: 2176-0489

pautado em regras convencionais aplicadas usualmente aos elementos com que se trabalha; entretanto, ao nos pautarmos no viés da Modelagem Matemática tais regras não são suficientes para lidarmos com o caráter dinâmico das leis, princípios e questões naturais que emergem a partir dos temas propostos. É justamente essa dinamicidade que nos leva à necessidade de compreendermos e analisarmos "quando os dados disponíveis não são suficientes para se utilizar de uma fórmula, de um modelo matemático, ou seja, aplicar os dados e obter uma resposta satisfatória" (HEIN; BIEMBENGUT, 2007, p. 34). Assim, a Modelagem Matemática pode ser entendida como "um caminho para despertar no aluno o interesse por tópicos matemáticos que ainda desconhece, ao mesmo tempo que aprende a arte de modelar, matematicamente" (BIEMBENGUT, 1999, p. 36).

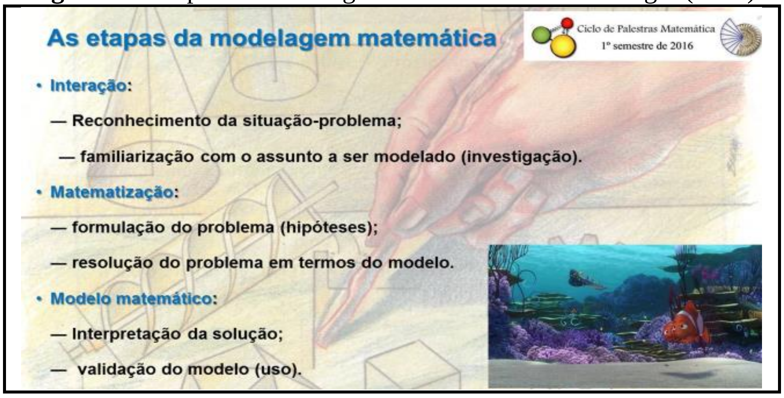
Na busca de uma situação que fosse agradável, interessante e que permitisse a futuros professores de Matemática vivenciar o levantamento de hipóteses, a formulação de problemas e a construção de um modelo matemático – "não apenas para encontrar solução viável à questão, mas que valha a outras aplicações em outras instâncias, de outras situações similares" (BIEMBENGUT, 2009, p. 22), pensamos em tomar algo que fosse agradável e que pudesse incentivar futuros professores, por isso recorremos ao uso da mídia de animação "Procurando Nemo" (PROCURANDO, 2003), como um material didático-pedagógico (MDP). Nossa proposta foi criar um ambiente na qual, a partir da lei do fluxo laminar (figura 6 adiante), pudéssemos evidenciar dois "erros" contidos naquela animação:

● a consideração de que a velocidade de escoamento de um líquido que flui dentro de um tudo cilíndrico é maior às margens do que no centro deste duto;

● a ideia passada de que em qualquer parte de um tubo cilíndrico, toda partícula que nele flui trafega a uma mesma velocidade.

Assim, ao longo da experiência a ser relatada nas próximas páginas, pudemos apresentar e discutir as etapas da Modelagem (figura 1), refletir a respeito da lei do fluxo laminar e apresentar "erros" de interpretação na mídia de animação "Procurando Nemo", quando um grupo de tartarugas navega pela corrente leste australiana (*CLA*).

Figura 1 – Etapas da Modelagem Matemática – Biembengut (1999)



Fonte: DMAT/CCNE/UFSM (2016).

Salientamos que, ao propormos o uso de tal MDP (PROCURANDO, 2003) pautamo-nos em Wurman (1991), ao considerar a aprendizagem relacionada ao interesse do aluno, e em Patrick Geddes, pai da Educação Ambiental, ao defender que o contato com uma realidade não só possibilita a aprendizagem, como também leva o aluno a desenvolver atitudes criativas em relação ao mundo à sua volta. Por esse viés, o aluno é convidado a participar em seu processo de aprendizagem, e não a ser simplesmente um sujeito, assujeitado no sentido *foucaultiano*, apático, em um ambiente na qual só o professor possui o "direito" à voz, sendo passivo ou mero ouvinte face à *homilia professoral*, presente comumente no paradigma do exercício, como aponta Chaves (2004). Nesse processo, o texto Chaves (2004) enfatiza que o professor pode atuar como interlocutor em um processo de educação que incorpore uma análise da realidade socioambiental, criando condições para que o aluno possa se opor àquela educação na qual o mesmo é treinado a desprezar as consequências de seus atos.

DESENVOLVIMENTO

A prática educacional "Procurando Nemo com a lei do fluxo laminar" (figura 2), foi apresentada, discutida e aplicada em dois momentos:

● no mês de abril de 2016, durante o Ciclo de palestras de Matemática, do Departamento de Matemática, do Centro de Ciências da Natureza e Exatas da Universidade Federal de Santa Maria – RS (DMAT/CCNE/UFSM), para professores e alunos do DMAT (figura 2);

● no mês de agosto de 2019, como uma aula para alunos do curso de Licenciatura em Matemática do Instituto Federal do Espírito Santo (Limat/Ifes) e que estavam, à época, matriculados na disciplina de Modelagem na Educação Básica.

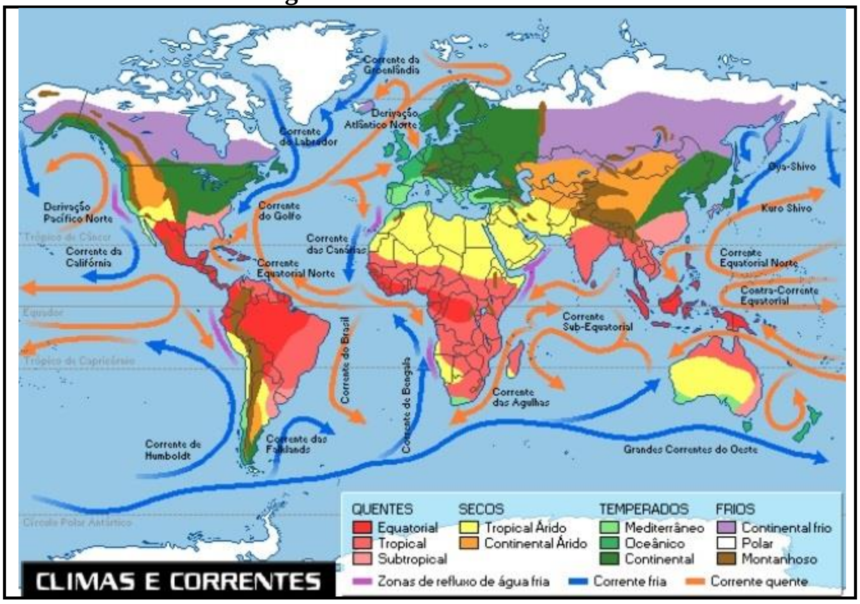
ISSN: 2176-0489

Figura 2 – Cartaz da Palestra na UFSM

Fonte: DMAT/CCNE/UFSM (2016).

No enredo da animação, na narrativa que destacamos, um grupo de tartarugas navega pela corrente leste australiana (*CLA*) ou corrente oriental australiana – uma corrente oceânica[1] que move água aquecida no sentido horário da costa leste da Austrália (figura 3) – e ao observarmos a cena identificamos alguns "erros" do ponto de vista físico e matemático.

Figura 3 – Correntes oceânicas



Fonte: <clube-do-dvd.blogspot.com/2012/05/climas-e-correntes-maritimas-mapa-mundi-html>.

O primeiro "erro" que identificamos foi o fato das tartarugas navegarem na mesma velocidade, mesmo encontrando-se em distâncias díspares do centro do duto de água que forma a corrente; ou seja, como se, em camadas laminares longitudinais distintas, as velocidades fossem as mesmas. Esta cena nos levou a formular a primeira pergunta aos atores (participantes

[1] Corrente oceânica é o movimento de translação, permanente e continuado de uma massa de água dos oceanos. É também conhecida como corrente marinha.

da palestra e alunos da disciplina de Modelagem): *será que essas tartarugas, na CLA, teriam condições de navegar à mesma velocidade*?

Em outra cena, filhotes assumem uma velocidade bem maior quando se aproximam da parede externa do duto, que aparentemente possui uma forma cilíndrica de base circular. Daí surgiu a segunda pergunta: *será que a velocidade nas extremidades do duto é maior que no centro?* Tais perguntas serviram para que apresentássemos o primeiro passo (de reconhecimento da situação problema) na etapa de interação em Modelagem Matemática. Para responder a essas perguntas propusemos adotar um procedimento que nos permitisse analisar a situação problema (navegar por uma corrente marítima nas condições apresentadas na animação).

O procedimento em questão denominamos de Modelagem Matemática, que consideramos como um processo no qual é possível aliar teoria e prática, motivando àqueles que a utilizam na busca de entendimento de uma possível realidade para obter meios de agir diante dessa situação, com vistas a transformá-la. Essa concepção de Modelagem Matemática pode ser considerada adequada à busca de uma Educação Matemática significativa para quem ensina e para quem aprende, principalmente se estabelecermos uma relação com o texto Freire (1996) que, por esse viés, não há educador do educando ou educando do educador, mas sim educando-educador e educador-educando. Tal entendimento buscamos em Bassanezi (2002) que também a entende como um método que possivelmente possa contribuir na preparação do indivíduo para assumir posturas críticas, reflexivas e investigativas, através de trabalhos de parceria.

Daí, tomamos a ideia de Daniel B. Botkin, de que um modelo é uma simplificação intencional da realidade, de modo que fenômenos de interesse possam ser examinados, analisados e compreendidos. E assim, definimos que um modelo matemático "é um conjunto de símbolos e relações matemáticas que representam de alguma forma o objeto estudado" (BASSANEZI, 2002, p. 20).

Para familiarização com o assunto a ser modelado (investigação) – outra etapa do processo de interação, na primeira etapa da Modelagem Matemática – trouxemos a experiência de um instrutor de mergulho, especialista na modalidade *scuba*[2] *diving drift* (mergulho equipado com respiração por aparelhos, navegando, monitoradamente, ao sabor de corrente marinhas) que apresentou elementos como variações existentes – de temperatura, de turbidez,

[2] *Self Contained Underwater Breathing Apparatus*, modalidade de mergulho com uso de ar comprimido.

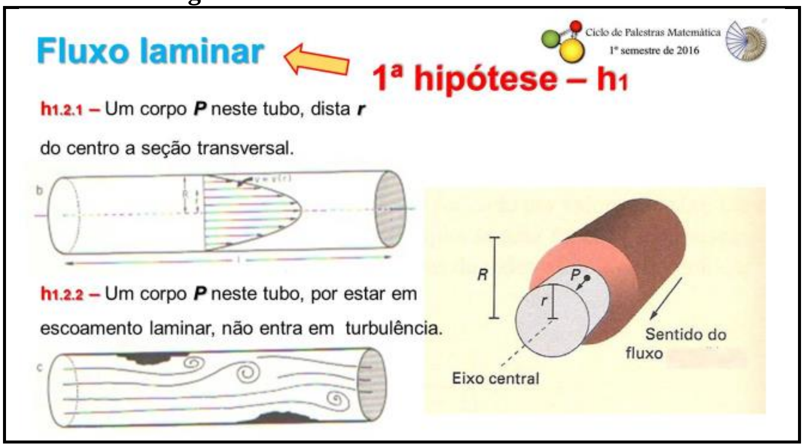
ISSN: 2176-0489

de viscosidade, de vazão, relativas à profundidade (portanto, pressão) – no interior dessas correntes, que funcionam como dutos isolados da massa oceânica.

Em conversas de corredores, verificamos que, na turma subsequente – do Limat/Ifes – àquela que aplicamos a prática em questão, há uma oceanógrafa; assim, da próxima vez que aplicarmos essa prática educativa, incorporaremos intervenções dessa profissional com o objetivo de trazermos novas informações e, por conseguinte, ampliarmos o espectro de saberes para que novos significados[3] sejam produzidos pelos envolvidos e para ampliarmos os alicerces na perspectiva interdisciplinar, tão valiosa em uma prática de Modelagem Matemática, sobretudo quando esta se configura como um procedimento de ensino, seja na formação de professores ou na Educação Básica.

A explicação do mergulhador possibilitou que nos dirigíssemos ao primeiro passo da etapa de matematização da Modelagem Matemática: a formulação do problema ou levantamento de hipóteses. Para tal, tomamos como premissas ao processo de Modelagem Matemática uma máxima defendida pelo Prof. Dr. Miguel Pretere, do Departamento de Ecologia da Unesp de Rio Claro – de que "*Modelo bom é aquele que está pronto para ser jogado fora*" (P_1) (*ipsis verbis*) – e outra do Prof. Dr. Rodney Carlos Bassanezi – de que *"Sempre comece pelo modelo mais simples*" (P_2) (*ipsis verbis*).

Figura 4 – Fluxo laminar *versus* turbulência



Fonte: DMAT/CCNE/UFSM (2016).

A partir de P_1 e P_2, consideramos como hipótese (h_1) que podemos representar o fluxo de correntes marinhas (figura 3) como a distribuição de artérias em nosso corpo (figura 4), sendo um segmento dessa corrente um tubo cilíndrico, com lâminas ou faixas imaginárias de diâmetro constante, de forma que partículas distam ***r*** do centro do tubo; logo, os dutos de água

[3] "Significado de um objeto é aquilo que efetivamente se diz a respeito de um objeto, no interior de uma atividade. Objeto é aquilo para que se produz significado" (LINS, 2012, p. 28)

ISSN: 2176-0489

podem ser considerados como cilíndricos e de seção transversal circular de raio $\boldsymbol{R}$. A segunda hipótese (h_2) que consideramos foi a respeito do deslocamento de um corpo ao longo de uma corrente, como em escoamento laminar[4] (figura 5), visto que, conforme o sangue, a água do mar possui um atrito interno, portanto alguma viscosidade.

Figura 5 – Escoamento laminar

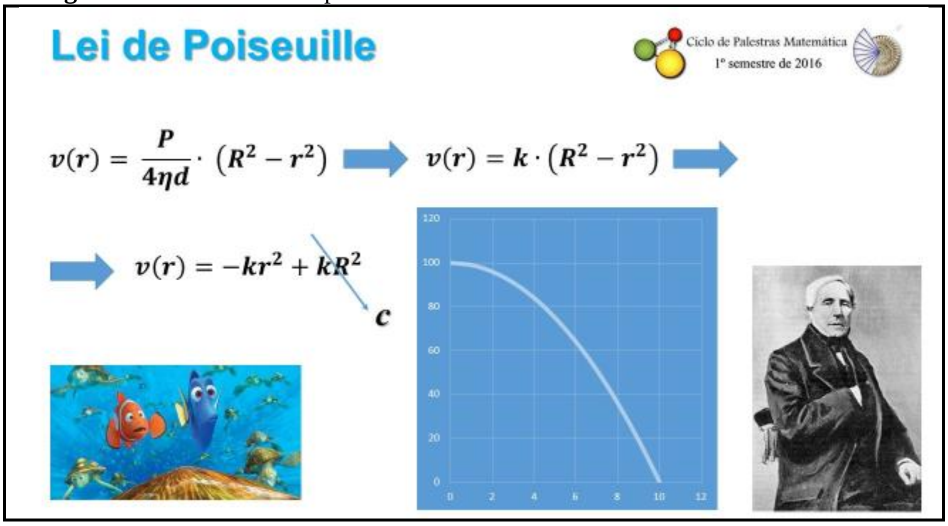
Fonte: DMAT/CCNE/UFSM (2016).

Para o entendimento de escoamento laminar, adotamos Batschelet (1978, p. 94-95) que apresenta as leis de fluxo laminar de fluidos viscosos em tubos cilíndricos, especificamente, no que se refere à circulação sanguínea (hemodinâmica), desenvolvidas por Jean-Louis-Marie Poiseuille (figura 6), considerando que a velocidade ($\boldsymbol{v}$) de uma partícula em uma artéria varia de acordo com a distância ($\boldsymbol{r}$) que essa se encontra do centro da artéria, sendo diretamente proporcional à pressão ($\boldsymbol{P}$) e inversamente proporcional à viscosidade ($\boldsymbol{\eta}$) e à distância longitudinal percorrida ($\boldsymbol{d}$) no interior da artéria.

[4] Tipo de fluxo em que há um mínimo de agitação das várias camadas do fluido, com escoamento do líquido em velocidade constante em cada ponto do fluido, em entropia adequada e em camadas concêntricas, em círculos coaxiais, com as diferentes seções do fluido se deslocando em plano paralelos. No fluxo laminar partículas deslizam em linha reta, uniformemente, em camadas concêntricas com camadas centrais fluindo com maior velocidade que as externas devido ao atrito interno das moléculas do fluido; caso contrário, entra-se em fluxo turbilhonar na qual há perda de energia entre choque de partículas e paredes do vaso o que torna o fluxo menos eficiente.

ISSN: 2176-0489

Figura 6 – Velocidade da partícula variando de acordo com a distância do centro



Fonte: DMAT/CCNE/UFSM (2016).

Para apresentarmos a terceira etapa da Modelagem Matemática, considerando a interpretação da solução adotamos o *slide* antecedente (figura 6) e discutimos os significados produzidos pelos alunos no que se refere a grandezas direta ($\boldsymbol{v}$, $\boldsymbol{P}$ e $\boldsymbol{r}$) e inversamente proporcionais ($\boldsymbol{\eta}$, $\boldsymbol{d}$ e $\boldsymbol{R}$) na equação de Poiseuille (figura 6).

METODOLOGIA

Por adotarmos o Modelo dos Campos Semânticos (MCS) como solo epistemológico, optamos por trabalhar com o método de leitura positiva (doravante leitura plausível) para analisar a produção de significados, apresentado em Silva (2003, p. 48-103), para analisarmos a dinâmica da produção de significados relativa à referida prática educativa. Tal método "toma como premissa uma 'leitura positiva' da produção de significados dos sujeitos de pesquisa" (SILVA, 2003, p. 48, *grifos do texto*), bem como uma leitura plausível[5] dos resíduos de enunciação dos autores/leitores (atores do processo).

Em um processo de produção de significados, nos moldes propostos pelo MCS, uma leitura positiva refere-se ao "interesse de entender o que as pessoas dizem e por que dizem" (SILVA, 2003, p. 10, *ipsis litteris*). Ao realizar uma leitura positiva objetivamos "saber *onde o*

[5] No compartilhamento, ou não, de um espaço comunicativo é básico o entendimento de leitura plausível e leitura positiva em contraposição à "leitura pela falta piagetiana". À luz do MCS, leitura plausível é quando "Toda tentativa de se entender um autor deve passar pelo esforço de olhar o mundo com os olhos do autor, de usar os termos que ele usa de uma forma que torne o todo de seu texto plausível. (LINS, 1999, p. 93) (...) indica um processo no qual o *todo* do que eu acredito que foi dito faz sentido" (LINS, 2012, p. 23, *grifos do texto*). "Plausível porque 'faz sentido', 'é aceitável neste contexto'" (LINS, 2012, p. 23). Quando procuramos estabelecer um espaço comunicativo entre autor, texto e leitor, buscamos uma convergência que "se estabelece apenas na medida em que [autor e leitor] compartilham interlocutores, na medida em que dizem coisas que o outro diria e com autoridade que o outro aceita" (LINS, 1999, p. 82).

ISSN: 2176-0489

outro (*cognitivo*) *está*" (LINS, 2012, p. 23, *grifos do texto*) para supormos o que este estava pensando e, daí, analisar se pensamos da mesma forma ou não para tentar fazer com que se interesse em saber como pensamos. (LINS, 2012, p. 24).

No MCS consideramos produção de significado como "o aspecto central de toda aprendizagem – em verdade o aspecto central de toda cognição humana" (LINS, 1999, p. 86). Já significado é o conjunto de coisas que se diz a respeito de um objeto, não o que se poderia dizer, mas o que foi dito efetivamente no interior de uma atividade; dessa forma, "produzir significado é, então, falar a respeito de um objeto" (LINS; GIMÉNEZ, 1997, p. 145-146).

Tal como no MCS, consideramos atividade a partir da ótica proposta por Alexis Nikolaevich Leontiev (LEONTIEV, 1984), como formas de relação do homem com o mundo, sendo construídas historicamente, medidas por instrumentos, dirigidas por motivos, por fins a serem atingidos, visto que esses são orientados por objetivos, por agirem intencionalmente a partir de ações planejadas. Como um processo entre sujeito e objeto (secundário em relação ao sujeito). Então, ao discutirmos e apresentarmos cada etapa do processo de Modelagem as constituímos como ações e as sub etapas como operações dessas ações.

ALGUNS SIGNIFICADOS PRODUZIDOS

Santa Maria, fica na região central do Rio Grande do Sul, portanto, distante do mar em pelo menos trezentos quilômetros, e os alunos presentes no Ciclo de Palestras do DMAT/CCNE/UFSM, têm pouco, ou quase nenhum, contato com o mar. Já para a turma de licenciandos do Limat/Ifes, *campus* Vitória, o mar não se configura como algo inatingível ou inimaginável, pois Vitória é uma ilha e o *campus* dista menos de um quilômetro do mar. Apresentamos tal comparação, pois, durante o Ciclo de Palestras, um aluno apresentou os seguintes resíduos de enunciação ("algo com que me deparo e acredito ter sido dito por alguém" (LINS, 2012, p. 27)):

(...)

Aluno do DMAT – *Professor, as correntes marinhas são como as correntes dos arroios* (rios)*?*
Professor – *Como assim?*
Aluno do DMAT – *Elas formam corredeiras?*
Professor – *As correntes oceânicas são movimentos de translação, permanentes e continuados de massas de água salgada e não necessariamente ocorrem na superfície, como no caso da animação. Esse efeito que ocorre na linha d'água possui variação de vazão, velocidade, e depende de vento e lunação, pelo menos no mar. A correnteza de um curso d'água, como num arroio, geralmente forma ondulações, saí do fluxo laminar, portanto entra em turbulência e geralmente ocorre por diferença de profundidade, como um terreno mais raso e acidentado ou efeito de chuvas nas cabeceiras, nas montanhas.*
Aluno do DMAT – *Como assim? Isso acontece no fundo, como um tubo de água?*
Professor – *Sim, com variação inclusive de temperatura e de vazão ... corre mais rápido ou não em certos períodos, dependendo da lunação.*

(...)

ISSN: 2176-0489

Para os alunos do Limat/Ifes, matriculados na disciplina de Modelagem na Educação Básica, que convivem com a proximidade do mar, a existência de correntes de fundo e correntezas – que variam com ventos e lunação, como sistemas físicos diferentes – não é novidade, não se configura como algo mítico, pois a toda hora se noticia as variações de marés. À luz do MCS o fato desses alunos do Limat/Ifes não apresentarem reações, tais como as do aluno do DMAT, não significa que não tenham produzido conhecimento para tal. É possível que simplesmente não tenham produzido os significados que esperávamos; daí a importância da dialogicidade, como posta em Freire (1987) e também em Lins (1999): "toda produção de significado é dialógica no sentido cognitivo (...) conhecimento é do domínio da enunciação. É preciso a enunciação efetiva daqueles enunciados para que eles tomem parte na produção de conhecimentos" (LINS, 1999, p. 88-89).

Por esse espectro, no que tange à dialogicidade, entendemos então que, ao adotarmos a Modelagem Matemática como procedimento de ensino é possível quebrarmos o tom prescritivo e expositivista de uma aula, peculiar no paradigma do exercício (SKOVSMOSE, 2000), além de ser possível romper com o que Freire (1987) trata por educação oca e bancária que, em relação às aulas de Matemática, Lins e Giménez tratam como *números que não são números de nada*.

> Tudo indica que na escola interessa mesmo é que apliquemos "o" algoritmo, e de forma precisa. Por fim, na escola, números não são números de nada, a não ser em "problemas com história", e no fim termina-se mesmo pedindo que os alunos se esqueçam da história e "pensem na matemática". (LINS; GIMÉNEZ, 1997, p. 15-16, *grifos do texto*).

Ao longo da animação, discutimos uma cena em que a *CLA* é apresentada como um duto cilíndrico, com turbidez e coloração diferentes da massa d'água do oceano. Vários alunos repararam a cena, mas confessaram que jamais estabeleceriam um paralelo com sistemas vasculares e simplesmente aceitaram o que apresentamos. Isso mostra que tal aceitação, para esses alunos, funcionou como "Estipulações locais, que são, localmente, verdades absolutas, que não requerem, localmente, justificação" (LINS, 2012, p. 26).

A etapa de interação configurou-se como a mais impactante aos alunos; impactante no sentido de apresentarem o que no MCS denominamos de limite epistemológico – "impossibilidade do sujeito produzir significados para o resíduo de uma enunciação numa direção devido a sua maneira de operar" (SILVA, 2012, p. 88).

Na etapa de validação, os alunos só produziram os significados esperados após apresentarmos o gráfico do arco de parábola (figura 6); ou seja, a leitura do modelo não ficou

ISSN: 2176-0489

clara para a validação, mesmo que tenham produzido significados à análise das grandezas envolvidas. Os indícios apontam que operavam em outro modo de produção de significado, diferente do campo semântico que havíamos idealizado, isso pois, olhar para o modelo e procurar discutir o comportamento das variáveis, usualmente, sobretudo nos processos de formação de professores que ensinam Matemática, configura-se como um limite epistemológico, principalmente quando no processo de matematização não fica claro a tradução da situação problema em termos de modelo, pois, como posto em Biembengut (1999) essa é a etapa "mais complexa e 'desafiante' (...) é aqui que se dá a 'tradução' da situação-problema para a linguagem matemática. Intuição, criatividade e experiência acumulada são elementos indispensáveis neste processo" (p. 22). Entendemos que tal grau de complexidade está relacionado ao que fora apresentado na citação de Lins e Giménez (1997) de que *números que não são números de nada*.

Como apresentado na P_2, o modelo geométrico (no caso o gráfico) foi mais simples para esses alunos. Assim, entendemos que o trânsito entre o modo de produção de significado geométrico (análise gráfico) para o modo de produção de significado algébrico (interpretação das variáveis no modelo), na tradução do "matematiquês" para nossa linguagem usual, minimiza o grau de complexidade posto em Biembengut (1999, p. 22).

Mesmo envolvendo outros atores no processo – como no caso do instrutor de mergulho – um limite epistemológico identificado ocorreu pela dificuldade de se trabalhar em uma perspectiva interdisciplinar, por entenderem que produzir significados não matemáticos em um processo de Modelagem Matemática, não é atribuição do professor de Matemática. Para os atores a constituição de objetos de outras áreas do conhecimento, em um processo de Modelagem, implica em "*precisar emprestar a legitimidade de um terceiro para poder dizer o que diz naquele lugar e momento*" (LINS, 2012, p. 20, *grifos do texto*). Em outras palavras, poderíamos dizer que consideram abissal a distância entre o nível de desenvolvimento real e o nível de desenvolvimento potencial, tal como definido por Vygotsky ao discutir Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP). Identificamos essa distância como uma das grandes dificuldades encontradas pelo professor em trabalhar no viés da Modelagem Matemática, sobretudo, na Educação Básica, pois "fazer de maneira autônoma *por ter internalizado interlocutores, legitimidades*" (LINS, 2012, p. 20) implica em compartilhar espaços que não são peculiares à rotina do professor de Matemática.

Na etapa de matematização ao apresentarmos as premissas P_1 e P_2 observamos certo conforto por parte dos atores; no entanto, a formalização de hipóteses soou como se tivéssemos "tirado um coelho da cartola".

ISSN: 2176-0489

(...)
Aluno do Limat – *Professor, de onde você tirou essa ideia de que as correntes marinhas são como artérias?*
Professor – *Da observação de modelos clássicos, já vistos e estudados, como por exemplo a lei do fluxo laminar. Não nos esqueçamos que são somente hipóteses. Vocês estão lembrados que para responder quantos pares de coelhos podem ser gerados de um par de coelhos em um ano, Fibonacci adotou duas hipóteses simples? A primeira é que a cada mês ocorre o nascimento de um casal e a segunda hipótese adotada por ele foi que um casal começa a reproduzir quando completa dois meses de vida. Veja que isso não necessariamente acontece, mas pode acontecer, por isso são hipóteses e não teses.*
(...)

Ao apresentarmos o modelo (figura 6) os atores – tanto do DMAT quanto do Limat – demonstraram, a partir de suas intervenções, certo conforto, como se expectassem por fórmulas, números, gráficos, ou quaisquer outros elementos que os reportassem àquela Matemática que conheciam e que, de certa forma, os permitissem produzir significados matemáticos.

A interpretação do modelo, mesmo com os objetos constituídos advindos da Física – as grandezas ($\boldsymbol{v}$, $\boldsymbol{P}$, $\boldsymbol{r}$, $\boldsymbol{\eta}$, $\boldsymbol{d}$ e $\boldsymbol{R}$) – presentes no modelo (equação de Poiseuille) (figura 6), mostrou que os atores produziram significados em relação à solução proposta; no entanto, somente após apresentarmos o gráfico da velocidade ($\boldsymbol{v}$) variando em decorrência da distância ao centro ($\boldsymbol{r}$) que entendemos que os atores produziram significado à validação do modelo. A tal respeito consideramos que houve um trânsito entre o modo de produção de significado[6] geométrico (o gráfico) e o modo de produção de significado algébrico (o modelo). Nossa leitura a tal respeito é que as premissas P_1 e P_2 adotadas contribuíram para a etapa de validação, considerando-a como "o processo de aceitação ou não do modelo proposto" (BASSANEZI, 2002, p. 30).

ALGUMAS CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos significados produzidos pelos atores concluímos que a prática educativa desenvolvida, tomando a referida animação, nos moldes propostos – à luz do MCS e da Teoria da Atividade – como material didático-pedagógico (MDP), elucidou as etapas da Modelagem (figura 1), permitindo discutir o reconhecimento da situação problema, a formulação de hipóteses, o uso e a validação do modelo, bem como a interpretação da solução.

No fim da apresentação, ao retomarmos a cena das tartarugas navegando pela *CLA*, no Ciclo de Palestras do DMAT/CCNE/UFSM, os alunos reconheceram o que denominamos de "erro" de animação, ao identificarem que, em qualquer ponto no interior do duto formado pela

[6] Modos de produção de significados são "'*campos semânticos idealizados*' que existem na forma de repertórios segundo os quais nos preparamos para tentar antecipar de que é que os outros estão falando ou se o que dizem é legítimo ou não" (LINS, 2012, p. 29). E *campo semântico* – é "um processo de *produção de significado*, em relação a um núcleo, no interior de uma atividade (...) sendo um processo, ao ser colocado em marcha cria condições para sua própria transformação" (LINS, 2012, p.17).

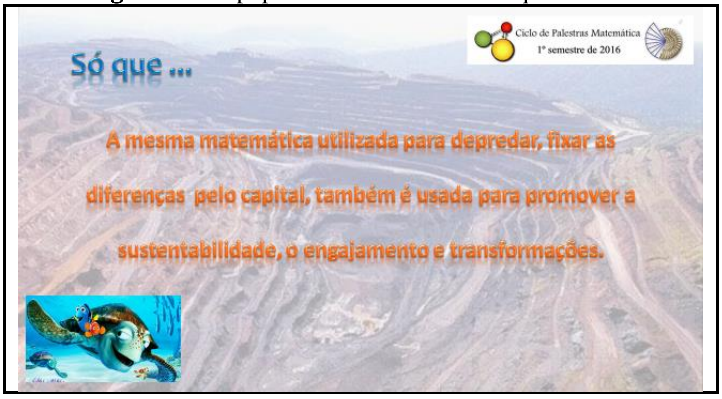
corrente, as tartarugas navegavam à mesma velocidade; contudo, não identificaram que os filhotes aumentavam de velocidade ao se dirigirem às margens do duto, fato que, à luz do modelo adotado, configura-se como um “erro”.

Ao propormos o uso da mídia de animação (PROCURANDO, 2003) como um MDP, partindo da ideia de que a aprendizagem está relacionada ao interesse do aluno e vislumbrando colocá-lo em contato com *uma* realidade (mesmo que virtual – a animação) objetivamos não só possibilitar a produção de significados às etapas da Modelagem, como também vislumbramos incentivar os atores a desenvolverem atitudes criativas em relação ao mundo à sua volta e, para tal, apresentamos e discutimos os problemas da poluição por plásticos que navegam pelos mares, ao sabor de correntes e correntezas, nos fluxos e refluxos de marés. (figuras 7, 8 e 9). Assim, o MDP (objeto) mostra-se ser secundário, mas o sujeito (não mais o assujeitado, mas o indivíduo (no sentido nietzschiano) envolvido no processo de produção de significados – sobretudo no que se refere ao consumo exacerbado, ao descarte inadequado e ao uso da Matemática, enquanto ferramenta, a partir da Modelagem – é o essencial, principalmente quando nos pautamos nos postulados básicos de *Vygotsky* – que nutrem a Teoria da Atividade – da qual todo conhecimento, como resultado das interações humanas, é produto social e, segundo nosso referencial, é também socioambiental.

Figura 7 – Poluição dos mares por plásticos.

Fonte: DMAT/CCNE/UFSM (2016).

Figura 8 – O papel da Matemática e de quem a usa



Fonte: DMAT/CCNE/UFSM (2016).

Essa prática, independentemente do MDP, pautou-se pelo dialogismo, como uma contraposição à educação oca e bancária e, a Modelagem Matemática, como procedimento de ensino, nos moldes aplicados, possui esse papel, de possibilitar que engendremos o que fora proposto por Patrick Geddes: um aluno em contato com a realidade (a sua) não só possibilita a aprendizagem, como também o leva a desenvolver atitudes criativas em relação ao mundo à sua volta. Mas para tal, não podemos nos restringir à concepção bancária proferida por Paulo Freire.

Figura 9 – Uma máxima ativista ambientalista

Fonte: DMAT/CCNE/UFSM (2016).

REFERÊNCIAS

BASSANEZI, Rodney Carlos. **Ensino-aprendizagem com modelagem matemática**: uma nova estratégia. São Paulo: Contexto, 2002. P. 15-117.

BATSCHELET, Edward. **Introdução à Matemática para biocientistas**. Rio de Janeiro: Interciência; São Paulo: Editora da USP, 1978. P. 94-95.

BIEMBENGUT, Maria Salett. 30 anos de Modelagem na Educação Brasileira: das propostas primeiras às propostas atuais. **ALEXANDRIA Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**. v. 2, n. 2, p. 7-32, jul. 2009.

BIEMBENGUT, Maria Salett. **Modelagem Matemática & implicações no ensino e aprendizagem de Matemática**. Blumenau: Editora da FURB, 1999. P. 17-35.

CHAVES, Rodolfo. Por que anarquizar o ensino de Matemática intervindo em questões socioambientais? 223p. Tese (Doutorado em Educação Matemática) – **PPGEM, IGCE – Unesp**, Rio Claro, 2004.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da Autonomia**: saberes necessários à prática educativa. 21. ed. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do oprimido**. 17. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

HEIN, Nelson; BIEMBENGUT, Maria Salett. Sobre a Modelagem Matemática do saber e seus limites. In: BARBOSA, Jonei Cerqueira; CALDEIRA, Ademir Donizeti; ARAÚJO, Jussara de Loiola (orgs). **Modelagem Matemática na Educação Matemática brasileira**: pesquisas e práticas educacionais. Recife: SBEM, 2007.p. 33-47. (Biblioteca do educador matemático, v. 3).

LEONTIEV, Alexis Nikolaevich. ***Actividad, conciencia y personalidad***. México: Cartago, 1984.

LINS, Romulo Campos. O Modelo dos Campos Semânticos: estabelecimento e notas de teorizações. In: ANGELO, Claudia Laus et al (org.). **Modelo dos Campos Semânticos e Educação Matemática**: 20 anos de história. São Paulo: Midiograf, 2012. p.11-30.

LINS, Romulo Campos. Por que discutir teoria do conhecimento é relevante para a Educação Matemática. In: BICUDO, Maria Aparecida Viggiani (Org.). **Pesquisa em Educação Matemática**: concepções & perspectivas. São Paulo: Editora UNESP, 1999. p. 75-94. (Seminários DEBATES Unesp).

LINS, Romulo Campos; GIMÉNEZ, Joaquin. **Perspectivas em aritmética e álgebra para o século XXI**. 3. ed. Campinas: Papirus, 1997. (Perspectivas em Educação Matemática).

PROCURANDO Nemo. Direção de Andrew Stanton. Los Angeles: Pixar ANIMATION *Studios*, 2003. 1 DVD (100 min).

SILVA, Amarildo Melchiades. Impermeabilização no processo de produção de significados para a Álgebra Linear. In: ANGELO, Claudia Laus et al (org.). **Modelo dos Campos Semânticos e Educação Matemática**: 20 anos de história. São Paulo: Midiograf, 2012. p.79-90.

SILVA, Amarildo Melchiades. Sobre a dinâmica da produção de significados para a matemática. 2003. 147 p. Tese (Doutorado em Educação Matemática), **PPGEM, IGCE de Rio Claro**, Unesp.

SKOVSMOSE, Ole. Cenários para investigação. **BOLEMA** (PGEM/UNESP), n. 14, p. 66-91. 2000.

WURMAN, Richard Saul. **Ansiedade de Informação**: Como transformar informação em compreensão. São Paulo: Cultura Editores Associados, 1991.