



A comunicação em atividades de Modelagem Matemática: uma relação com a teoria da atividade

Lourdes Maria Werle de **Almeida**
Universidade Estadual de Londrina
Brasil
lourdes@uel.br

Elaine Cristina **Ferruzzi**
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Brasil
elaineferruzzi@utfpr.edu.br

Resumo

Neste trabalho, apresentamos algumas reflexões sobre a comunicação na sala de aula, buscando em alguns atos comunicativos dos alunos sinalização de relações entre motivos, ações e operações que mobilizam os alunos em suas atividades na sala de aula. Considerando que estabelecer a comunicação na sala de aula diz respeito à condução das atividades, argumentamos que a Modelagem Matemática, pode, em algumas situações, ser caracterizada como atividade na teoria da atividade, e, neste contexto, representa espaço com forte potencial para proporcionar atos comunicativos. A partir de recortes do texto e de falas dos alunos de um curso de Engenharia Ambiental durante o desenvolvimento de atividade de Modelagem Matemática podemos conjecturar que a modelagem representa uma possibilidade de estabelecer a comunicação na sala de aula e esta revela relações entre o motivo, as ações e as operações que mobilizam os alunos na atividade.

Palavras chave: Educação Matemática; Modelagem Matemática; Teoria da atividade; comunicação.

Introdução

A comunicação é um elemento essencial à vida dos seres humanos em comunidades. No contexto educativo a comunicação ganha importância especial uma vez que “ensinar” e “aprender” são atos eminentemente comunicativos. Segundo Alro e Skovsmose (2006),

Aprender é uma experiência pessoal mas ela ocorre em contextos sociais repletos de relações interpessoais. E, por conseguinte, a aprendizagem depende da qualidade do contato nas relações interpessoais que se manifestam durante a comunicação entre os participantes. Em outras palavras, o contexto em que se dá a comunicação afeta a aprendizagem dos envolvidos no processo (pág 12).

Neste sentido podemos considerar que os atos comunicativos estão relacionados com as atividades desenvolvidas pelos indivíduos em diferentes circunstâncias. Neste trabalho, para caracterizar essas atividades nos remetemos à Teoria da Atividade. Para Leontiev (1978) as atividades humanas são consideradas formas de relação do homem com o mundo e são dirigidas por motivos, por fins a serem alcançados, de modo que o homem se orienta por objetivos, agindo de forma intencional, por meio de ações planejadas.

Levando em consideração os contextos educativos, mais especificamente, as aulas de matemática, uma questão que colocamos é: o que a comunicação em sala de aula pode revelar especialmente com respeito à mobilização dos alunos em relação à atividade em que estão envolvidos?

Para produzir reflexões sobre esta questão, inicialmente estabelecemos uma relação entre atividades de Modelagem Matemática no âmbito da educação matemática e a caracterização de atividade realizada por Leontiev (1978) na Teoria da Atividade.

A seguir, para buscar em atos comunicativos que se estabelecem durante o desenvolvimento de atividades de Modelagem Matemática, subsídios para as reflexões sobre a questão que enunciámos, analisamos uma atividade de Modelagem Matemática desenvolvida por alunos de um curso de Engenharia Ambiental.

Sobre a Teoria da Atividade e a Modelagem Matemática neste contexto

Teoria da atividade

A teoria da atividade teve suas origens nas idéias do russo Lev Semyonovitch Vigotsky (1896-1934) que, a partir de 1920, procurava explicar o desenvolvimento do indivíduo a partir de seu relacionamento social. Alexei Leontiev (1904-1979) foi um de seus principais colaboradores e seguidores e sua teoria representa um desdobramento das idéias básicas de Vigotsky.

Para Leontiev (1978), as atividades humanas são consideradas formas de relação do homem com o mundo e são dirigidas por motivos, por fins a serem alcançados, de modo que o homem orienta-se por objetivos, agindo de forma intencional, por meio de ações planejadas.

O conceito de atividade não se refere apenas a ações físicas desenvolvidas por um indivíduo, mas também a ações psíquicas conscientemente controladas como a memorização ativa, o pensamento, o comportamento intencional. Deste modo, a atividade humana envolve ações externas e internas. As externas, manifestadas por movimentos do corpo, são mediadas, em geral, por instrumentos e ferramentas. Nas ações internas, por sua vez, o homem opera com imagens mentais ou instrumentos simbólicos como a linguagem, os códigos, a matemática, etc.

Leontiev (1978), ao analisar a estrutura da atividade humana, distingue três níveis de funcionamento: a atividade propriamente dita, as ações e as operações. Enquanto uma atividade (como um todo) é orientada por um motivo, as ações são orientadas por metas e as operações referem-se ao aspecto prático da realização destas ações e envolvem condições e procedimentos.

Neste contexto, a atividade humana pode ser percebida como uma forma de relação homem-mundo que envolve finalidades conscientes e a atuação cooperativa é realizada por meio de ações dirigidas por metas e desempenhada, em geral, por vários indivíduos. O resultado da atividade satisfaz a necessidades do grupo mas, também proporciona satisfação para cada indivíduo em particular. Neste sentido, a noção de atividade inclui um sujeito, um resultado a ser alcançado, uma comunidade e as mediações possíveis entre eles. Essas mediações são estabelecidas por meio da comunicação.

As atividades de Modelagem Matemática e a Teoria da Atividade

Nos contextos educativos, a noção de atividade envolve as diferentes ações do aluno e o modo como se envolve nas situações apresentadas na sala de aula. Uma tarefa de ensino e aprendizagem pode tornar-se uma atividade quando o aluno se envolve nesta tarefa e estabelece relações dentro de um “sistema mais vasto das relações da sociedade e, portanto, tem uma natureza eminentemente social” (MENDES, 2001).

Segundo Mendes (2001), uma atividade deve envolver dois elementos básicos: a função orientadora das ações, em que se considera uma ‘linha invisível’ que define o trajeto que conduz ao conhecimento; a existência de um motivo para a realização da atividade.

A possibilidade de produzir na sala de aula situações que proporcionam este tipo de envolvimento do aluno e que contemplem estes dois elementos nos remete à Modelagem Matemática, que entendemos aqui como uma alternativa pedagógica na qual fazemos uma abordagem, por meio da Matemática, de uma situação-problema que pode ser não essencialmente matemática (ALMEIDA e BRITO, 2005).

Neste entendimento, de acordo com Almeida e Ferruzzi (2009) uma atividade de Modelagem Matemática envolve: a) a formulação de um problema: os envolvidos com a atividade de modelagem precisam se apropriar de um problema e definir metas para a resolução; compreender a situação-problema por meio da Matemática implica em procurar respostas para o problema suscitado por esta situação; b) um processo investigativo: remete ao ato de investigar; ‘investigar’, segundo Ferreira (1986) significa ‘seguir os vestígios’, ‘fazer diligências para achar’, ‘pesquisar’; ações como buscar informações, identificar e selecionar variáveis, definir hipóteses, fazer simplificações, constituem, portanto, elementos desse processo; c) a busca por uma representação matemática (ou modelo matemático): de modo geral, a situação-problema se apresenta em linguagem natural e não parece diretamente associada a uma linguagem matemática; gera-se assim a necessidade da transformação de uma representação (linguagem natural) para outra (linguagem matemática); esta linguagem matemática evidencia o problema matemático a ser resolvido; a busca e elaboração de uma representação matemática são mediadas por relações entre as características da situação e os conceitos, técnicas e procedimentos matemáticos adequados para representar matematicamente estas características; d) a análise de uma resposta para o problema: a análise da resposta constitui um processo avaliativo realizado pelos envolvidos na atividade e implica em uma validação da representação matemática associada ao problema, considerando tanto os procedimentos matemáticos quanto a adequação da representação para a situação; e) a comunicação de resultados para outros: esta comunicação implica essencialmente em desenvolver uma argumentação que possa convencer aos próprios modeladores e àqueles aos quais estes resultados são acessíveis que a solução apresentada é razoável e é consistente, tanto do ponto de vista da representação matemática e dos artefatos

matemáticos a ela associados quanto da adequação desta representação para a situação em estudo.

Assim caracterizada, uma atividade de Modelagem Matemática abarca a atividade propriamente dita, um conjunto de ações e um conjunto de operações. Neste sentido, uma atividade de Modelagem Matemática torna-se uma atividade, na perspectiva da teoria da atividade, quando é orientada por um motivo e quando a formulação de um problema e o processo investigativo – que constituem elementos da atividade como um todo – são orientadas por metas claramente definidas e as operações – a busca de uma representação matemática, a análise da solução e a comunicação dos resultados são realizadas pelos envolvidos mediante procedimentos definidos em conjunto, com atuação cooperativa. Portanto a atividade envolve alunos, (sujeitos), um resultado a ser alcançado, uma comunidade (o setor social do qual o problema foi extraído, alunos, professor) e as mediações entre eles.

Neste encaminhamento, compreender a Modelagem Matemática como atividade na perspectiva da Teoria de Atividade de Leontiev, implica em considerar que é preciso haver um motivo para o desenvolvimento da atividade e que atos comunicativos são essenciais e constituem a ‘linha invisível’ que orienta o desenvolvimento da atividade e pode conduzir ao conhecimento (matemático ou não).

A comunicação em atividades de Modelagem Matemática: relações entre as ações dos alunos e os motivos que as sustentam

Segundo Stubbs (1987), ensinar e aprender confundem-se com a própria comunicação. Neste sentido, refletir sobre as práticas de sala de aula, em que a comunicação assume grande preponderância, parece plenamente sustentável. Neste trabalho estamos interessados em enunciar algumas reflexões sobre a comunicação em sala de aula, especialmente a respeito da mobilização dos alunos frente à atividade em que estão envolvidos. Com esta finalidade buscamos na comunicação relações que os alunos estabelecem entre suas ações e os motivos que as sustentam durante o desenvolvimento de atividades de Modelagem Matemática.

Assim, sem adentrar em teorias que abarcam a complexidade do ‘que é comunicação’, apresentamos a caracterização que usamos neste trabalho e, a partir dessa, iniciamos as argumentações em relação à questão colocada, tendo como referência uma atividade de Modelagem Matemática desenvolvida por um grupo de alunos do terceiro período de um curso de Engenharia Ambiental durante a disciplina de Matemática II.

Como entendemos a comunicação – os atos comunicativos

Numa revisão da literatura sobre a comunicação no ensino e na aprendizagem da Matemática, Ellerton e Clarkson (1996) apontam a multiplicidade de significados do termo comunicação. Fiske (1995), ao tratar de ‘comunicação’ (entendida como comunicação humana), considera que esta constitui uma atividade humana que todos reconhecem, mas que poucos sabem definir satisfatoriamente.

Neste trabalho, conforme enunciamos, não adentramos nas teorias que tratam do termo comunicação. Baseados em Menezes (1999), entendemos a comunicação como uma forma de interação social entre indivíduos e, segundo o autor, interações podem ser entendidas como ações

que indivíduos exercem sobre outros sem que haja, necessariamente, finalidade de transferir informação mas sim de estabelecer uma relação, um entendimento entre pessoas. Referimo-nos a estas ações como atos comunicativos.

A comunicação em atividades de Modelagem Matemática

Em contextos de sala de aula, a qualidade da comunicação depende, em grande medida, da forma como as situações de ensino e aprendizagem são organizadas, da maior ou menor necessidade de atos comunicativos para subsidiar ações do professor, dos alunos e de relações que se estabelecem entre estes e com a comunidade. Neste contexto, as atividades de Modelagem Matemática, quando podem ser caracterizadas como atividades na perspectiva da Teoria da Atividade, constituem um espaço no qual atos comunicativos podem ser estabelecidos na sala de aula e desempenham aí um papel importante. A atividade de modelagem propriamente dita, as ações e as operações são orientadas por atos comunicativos entre alunos, entre professor e alunos e entre estes com o setor da sociedade. Considerando que o “motivo”, como considerado por Leontiev (1978), é uma “mola propulsora” para o desenvolvimento da atividade, nuances de sua existência e caracterização podem ser percebidas nos atos comunicativos (registrados em textos escritos ou em falas) bem como as relações destes motivos com as ações dos alunos durante o desenvolvimento da atividade.

Para buscar essas relações em atividades de Modelagem Matemática consideramos uma atividade desenvolvida durante o ano de 2009 por um grupo de alunas (A1, A2, A3 e A4) no âmbito da disciplina Matemática II em um curso de Engenharia Ambiental. Neste caso a proposição do problema, a definição das hipóteses e todo o desenvolvimento da atividade ficaram sob responsabilidade destas alunas, orientadas pela professora, quando solicitada.

As alunas mostraram-se interessadas em estudar a contaminação química de lagos quando a fonte de contaminação é a entrada de água contaminada e as vazões de entrada e de saída podem ser consideradas iguais. O interesse de uma aluna em particular, preocupada com uma lagoa situada em propriedade de um amigo, onde, segundo esta aluna, existia uma grande vazão de água contaminada na lagoa, mobilizou o grupo de alunas.

Antes de definir o problema a ser estudado o grupo discutiu o assunto, colocando seus pontos de vista em relação às consequências da contaminação das águas e em especial a contaminação química, vinda de indústrias. Cientes da importância do tema em questão e da preocupação de um membro do grupo, as outras participantes tomaram o problema para si, e mobilizaram-se com o objetivo de estudar o problema. No texto escrito o grupo apresentou uma introdução ao trabalho, onde resumem o que discutiram, como apresenta a Fig. 1.

(...)Um rio sem poluição tem águas limpas e cristalinas e nele sua água serve para banhos, agricultura, alimentação e bebida, além de proporcionar a vida de plantas e peixes. Para que seja assim, é necessária a conscientização do ser humano em não jogar lixo nem esgoto diretamente na água. Uma água poluída é fruto da introdução de materiais químicos, físicos e biológicos que contaminam a água e afetam os seres vivos. Estes materiais podem ser desde simples saquinhos de papel até os mais perigosos poluentes tóxicos, como os pesticidas, metais pesados e detergentes. A poluição mais comum é causada pelo lixo doméstico (...), entretanto, o derrame de lixos industriais tem crescido ultimamente (...).Estudos indicam que, provavelmente mais perigosa do que a contaminação por lixo dos esgotos é a contaminação química das indústrias, que jogam toneladas de produtos químicos nos rios.

Figura 1. Introdução apresentada no texto escrito

Esta introdução sinaliza que a “mola propulsora”, caracterizada como o *motivo na teoria da Atividade*, que move estas alunas para a temática desta atividade está relacionado com a preocupação com a poluição do meio ambiente, em especial, com a água, além do motivo implícito que era a motivação particular de um membro do grupo.

Após as discussões iniciais e leituras sobre o tema, bem como conversas com professores das áreas específicas, as alunas decidiram simular em laboratório uma contaminação e, deste modo, estabeleceram o problema de estudo: estudar a contaminação de uma quantidade de água limpa, sendo inserida nesta água uma mistura contaminada com soda. O objetivo deste estudo consiste em determinar, nas condições de estudo, o tempo necessário para a água pura ficar totalmente contaminada. A Fig. 2 apresenta um recorte do relatório final entregue por estas alunas onde definem o problema de estudo.

Diante deste problema resolveu-se estudar uma possível poluição de um rio. Para tal análise realizou-se um experimento com uma solução de soda simulando uma possível contaminação de um lago com fluxo constante de água. Pretendemos determinar em quanto tempo a água limpa ficará totalmente contaminada, supondo que não seja inserida água limpa.

Figura 2. Definição do problema: recortes do texto escrito

Neste caso o registro escrito apresentado à professora (e que constitui um ato comunicativo) revela relações entre o motivo e as ações das estudantes nesta situação. De fato, a simulação em laboratório da contaminação da lagoa com a finalidade de abarcar matematicamente a situação com vistas a buscar respostas sobre o tempo de contaminação e de descontaminação é uma ação, orientada pelo motivo e realizada pelos procedimentos já conhecidos pelos alunos no que se refere ao uso de instrumentos de laboratório de química.

Na simulação de uma situação, simplificada em relação ao problema real da contaminação do lago, as alunas usaram uma solução de soda, e a hipótese de que a fluxo de entrada e saída são iguais. O problema, do ponto de vista matemático, seria determinar o tempo necessário para contaminar a água pura. As variáveis do problema ficam assim definidas: t : tempo em minutos e $A(t)$: quantidade de NaOH (hidróxido de sódio) no tempo t , medida em mols. A Fig. 3 apresenta a explicação do grupo para a coleta dos dados.

(...)utilizamos 2 baldes com capacidade de 13 litros cada, ambos possuindo torneiras de saída, com a mesma vazão. No balde 1, colocado mais elevado que o balde 2, foi colocada uma mistura com solução de soda com concentração 0,5 molar, sendo adicionada constantemente esta mistura para que o balde 1 continuasse sempre com o mesmo volume. No balde 2 foi colocado doze litros de água. Assim que as torneiras foram abertas, foram retiradas amostras de 10ml de água em proveta na saída do balde 2. A primeira amostra foi retirada no tempo zero, ou seja, antes de iniciar a contaminação e as demais amostras foram retiradas a cada 30 segundos, totalizando doze amostras. Depois de recolhidas as amostras foi realizado um método conhecido como titulação que determina as concentrações através de confrontos químicos. Em seguida determinou-se a quantidade de NaOH em cada momento.

Figura 3. Metodologia de coleta de dados

Os dados coletados, apresentados na Tabela 1 referem-se à quantidade de mols de NaOH (hidróxido de sódio) em cada instante t .

Uma vez formulado o problema e obtidos os dados necessários, inicia-se o processo investigativo da atividade de modelagem, a busca pelo modelo matemático e sua avaliação bem como a comunicação de resultados. Inicialmente era necessário definir hipóteses que pudessem direcionar a obtenção do modelo. Neste caso, a interação entre as alunas do grupo gera a “orientação” para esta definição.

Tabela 1
Dados coletados – quantidade de NaOH em cada tempo

Tempo (min)	A(t): quantidade de NaOH em mols	Tempo (min)	A(t): quantidade de NaOH em mols
0	0	3,5	2,95
0,5	0,6	4	3,05
1	1,4	4,5	3,6
1,5	1,9	5	3,7
2	2,2	5,5	3,85
2,5	2,7	6	3,85
3	2,65		

O *Episódio 1*¹ mostra o momento em que as alunas, em interação, discutem a formulação das hipóteses para direcionar a construção da representação matemática para o problema.

Episódio 1

- 1- A2: e se a gente considerasse aquela lei de misturas de química?
- 2- A3: qual?
- 3- A2: ah.. aquela que fala do tanto que entra e do que sai... A1, (dirigindo-se a uma aluna em particular) sabe aquela lei? Quando mistura alguma coisa, a quantidade que fica é a diferença do que entra e do que sai. Como é mesmo?
- 4- A1: é... assim ó: a variação da quantidade é a concentração que entra menos a que sai.
- 5- A2: é.. então... a variação é igual à taxa de entrada da soda menos a taxa de saída.
- 6- A3: temos o tanto que entra né? É 2,3...(2,3 refere-se à vazão das torneiras).

¹ Neste texto apresentamos trechos de uma interação entre as alunas. Cada é aqui designado por *Episódio*.

- 7- A1: não.. é a vazão vezes a concentração... é 2,3 vezes a concentração...
 8- A3: é... a quantidade vezes a concentração...
 9- A2: então escreve aí: variação de A em relação à t é igual a taxa de entrada da soda menos a taxa de saída. (...)

A partir desta discussão em que a ‘comunicação’ tem mesmo a intenção de fazer com que cada aluna conheça o pensamento de outra em relação às possibilidades para as hipóteses desta situação-problema, o grupo define três possibilidades para a hipótese nesta situação. Na primeira consideraram que a variação da quantidade de NaOH é proporcional à diferença entre o valor máximo a ser atingido e a quantidade em qualquer instante, ou seja $\frac{dA}{dt} = k(A_{max} - A)$; na segunda, ponderaram que a variação da quantidade de cálcio é determinada pela diferença entre a quantidade que entra e a quantidade que sai; na terceira hipótese, com a orientação da professora, utilizaram o método de Ford-Walford para estimar o valor máximo da quantidade de NaOH e estudaram o comportamento dos dados em relação a este máximo. Considerando a extensão possível para este texto, analisamos somente as ações das alunas no segundo tratamento em que a hipótese usada é apresentada nos registros das alunas conforme mostra a figura 4.

$$\frac{dA}{dt} = (\text{taxa de entrada soda}) - (\text{taxa de saída de soda})$$

$$R_1 - R_2$$

Figura 4. Recorte das anotações: definição da hipótese

Considerando R_1 a taxa de entrada da concentração de NaOH e R_2 a taxa de saída da mistura, o grupo determina o modelo que rege a situação. A Fig. 5 apresenta um recorte do texto entregue por este grupo, onde definem o modelo com base na hipótese e a Fig. 6 apresenta um recorte do material produzido em sala de aula.

R_1 é dado pela multiplicação da vazão do balde 1 pela concentração de NaOH inicial, de valor conhecido, 0,5 mol/L.
 R_2 é dado pela multiplicação da vazão do balde 2 pela concentração de NaOH de saída do balde 2.
 Tendo que o valor da vazão dos baldes é igual a 2,3 L/min, encontra-se os valores de R_1 e de R_2 :
 $R_1 = 2,3 \text{ (L/min)} \times 0,5 \text{ (mol/L)} = 1,15 \text{ mol/min}$
 $R_2 = 2,3 \text{ (L/min)} \times A/12 \text{ (mol/L)} = 2,3A/12 \text{ mol/min. Logo, } \frac{dA}{dt} = 1,15 - 0,191667A$

Figura 5. Determinação do modelo matemático que representa a situação – texto escrito

$R_1 = \text{vazão balde 1} \times \text{concentração da soda inicial l,}$
 $0, 2,3 \text{ dl/min} \times 0,5 \frac{\text{mol}}{\text{l}} \Rightarrow R_1 = 1,15 \frac{\text{mol}}{\text{min.}}$

$R_2 = \text{vazão balde 2} \times \text{concentração do balde 2}$

vem com tempo
 $A \text{ mol.}$
 12 Litro

$R_2 = 2,3 \frac{\text{l}}{\text{min}} \times \frac{A}{12}$

$R_2 = \frac{2,3 A}{12}$

$\frac{dA}{dt} = 1,15 - \frac{2,3 A}{12}$

$\frac{dA}{dt} + \frac{2,3 A}{12} = 1,15$

Figura 6. Determinação do modelo matemático que representa a situação: anotações das alunas

Para determinar R_2 (taxa de saída da mistura), o grupo discute o fenômeno e após esta discussão concluem que a concentração do balde 2 depende do tempo e expressam esta concentração em função da quantidade (A) que depende do tempo (veja Fig. 6). Esta discussão está apresentada no *Episódio 2*, que mostra um trecho da interação, a saber, os turnos 21 à 43. Neste trecho observamos a importância do ‘outro’ no entendimento do fenômeno.

Episódio 2

- 21- A2: hum... e a concentração? É zero? (referindo-se à concentração do balde 2).
- 22- A1: não... tem que ser a concentração que tem lá quando tá saindo...
- 23- A2: e quanto é? Não dá prá saber porque tá misturando... tá aumentando a concentração...
- 24- A3: não! ela tá diminuindo.. dá diluindo na água pura
- 25- A2: não... tá aumentando...
- 26- A3: Como tá aumentando se tá diluindo com água pura? Tá diminuindo
- 27- A2: não... ó A3... não é assim... ó... quanto tem de concentração no balde dois?
- 28- A3: nada
- 29- A2: e tá entrando 1,15 por minuto
- 30- A3: mas tá saindo também..
- 31- A2: eu sei, mas a quantidade lá dentro tá aumentando.. tá saindo a mistura..
- 32- A3, tá diminuindo... tá misturando...
- 33- A2: a que entra tá diminuindo, fica misturada, mas lá dentro... quanto tinha?
- 34- A3: antes de entrar? Nada...

35-A2: e agora tá entrando 1,15 mol por minuto. Aí, mesmo que saia a mistura, vai ficando um pouquinho por minuto, então vai aumentando lá dentro porque não tinha nada...

36-A3: ah... agora entendi o que você está falando... tá aumentando porque não tinha nada e agora vai entrar um pouco... mas não fica 0,5 né? Vai diluir e vai ficar menor...

37-A2: é...tá entrando 1,15 e vai diluir, e a quantidade vai ficar menor do que entrou, mas em relação ao que tinha lá dentro vai aumentar.

38-A3: entendi... agora entendi...

39-A1: tá... mas qual é a concentração do balde 2?

40-A3: não vai ser 0,5... vai ser menor.. depois vai aumentar...

41-A2: depende do tempo né? conforme o tempo passa vai aumentando... não dá pra saber...

42-A3: então como fica??

43-A4: o que é a concentração? Não é a quantidade dividida pelo volume?

Esta interação conduz o grupo na definição da concentração do balde 2 em função da quantidade (A) e esta quantidade em função do tempo (t). Esta interação continua até determinarem os parâmetros do modelo, resultando em $A(t) = 0,5 - 0,5e^{-0,2,3t}$.

Porém consideram que o mesmo não está de acordo com os dados uma vez que quando t cresce, A(t) se aproxima de 0,5 o que não poderia acontecer. Deste modo voltam à resolução e observam o erro cometido: esqueceram de dividir 2,3 por 12 no início da resolução (fato que pode ser observado na Figura 6: círculos desenhados em suas anotações, realizado no momento da discussão sobre este erro). Em seguida, determinam o novo modelo, agora com os parâmetros corretos, resultando em $A(t) = 5,9999 - 5,9999e^{-0,191667t}$.

Neste episódio, a comunicação dos alunos direciona a ação de construção do modelo e os procedimentos matemáticos necessários e adequados para esta construção. Os motivos, neste caso, estão associados à necessidade de obter uma representação matemática capaz de descrever a situação e de subsidiar as argumentações das alunas em relação ao problema da contaminação da água.

Embora cientes da simplificação do problema relativa à simulação em laboratório de uma situação real, o grupo considera válido o modelo e pondera que o mesmo pode ser útil para a análise da situação de contaminação da lagoa, fato que motivou a escolha do tema da investigação.

Ao término deste trabalho as alunas consideraram que o desenvolvimento desta atividade proporcionou a oportunidade de realizarem simulações e aproximações, visando determinar um modelo matemático que descrevesse a situação em estudo. Comentaram ainda que de acordo com o modelo, quando o tempo tende ao infinito a quantidade de NaOH no recipiente tende à 6 mols, ou seja, a água ficará totalmente contaminada. Associaram este fato com uma situação real, em uma lagoa, argumentado que a exposição do lago à entrada de poluentes por tempo prolongado pode causar índices elevados de contaminação.

Com vistas a deliberar sobre este tempo de exposição à contaminação, o grupo utilizou ainda o modelo para realizar uma previsão e constataram que, considerando quatro casas decimais, em aproximadamente 57 minutos a água estaria totalmente contaminada.

Considerando a importância da problemática da poluição do meio ambiente, especialmente

no âmbito das discussões de um curso de Engenharia Ambiental, o grupo salientou a adequação desta atividade para seu desempenho profissional, argumentando que, mesmo sendo esta atividade realizada com base em uma simulação laboratorial, tiveram a oportunidade de entender como deveriam proceder para determinar a contaminação em um ambiente “real”.

Neste sentido, a atividade de Modelagem Matemática assume características de atividade na teoria de Lontiev e os motivos, as ações e os procedimentos parecem sinalizar a existência de finalidades conscientes. A atividade envolve sujeitos, um resultado a ser alcançado, uma comunidade, bem como as mediações entre estes.

Os atos comunicativos que se estabelecem nas discussões geradas pela própria natureza da atividade de modelagem revelam nuances das relações entre os motivos, as ações e as operações dos alunos. A oportunidade de trabalho em equipe, compartilhando idéias, conceitos, justificativas e argumentos vai ao encontro das idéias de Fox (2006) para quem a Modelagem Matemática pode ser caracterizada como uma experiência social. Podemos constatar que no desenvolvimento desta atividade a busca de entendimentos, de definição de procedimentos, foram focos dos atos comunicativos desta atividade.

Durante o desenvolvimento desta atividade o grupo deparou-se com uma situação problema que, além de ter diferentes formas de resolução, possui também diferentes soluções. Esta diversidade difere dos exercícios padrões dos livros textos, os quais, geralmente apresentam uma única resposta correta. Além disso, o tema escolhido por este grupo fomentou uma série de reflexões sobre a preocupação com o meio ambiente como apresentado no início da apresentação da atividade.

O interesse das alunas foi evidenciado na introdução do texto apresentado por elas: a preocupação com o meio ambiente, além do interesse implícito de uma aluna em particular, e deste modo, a ação de formular um problema foi associada diretamente com este interesse.

Considerações finais

Neste trabalho apresentamos algumas reflexões sobre a comunicação em sala de aula, buscando em alguns atos comunicativos dos alunos sinalização de relações entre motivos, ações, e operações que mobilizam os alunos em suas atividades na sala de aula.

Considerando que a intensidade com que a comunicação estabelecida na sala na aula está relacionada com condução das atividades, argumentamos que atividades de Modelagem Matemática, quando se aproximam da caracterização de atividades na teoria da atividade de Lontiev (1978), representam espaços com forte potencial para proporcionar atos comunicativos.

Levando em consideração a caracterização de atividade na teoria da atividade em que o ‘motivo’ é a mola propulsora para o envolvimento dos alunos na atividade, buscamos em atos comunicativos dos alunos, registrados em texto escrito e em suas falas, evidências de relações entre motivos, ações e operações de um grupo de alunas durante o desenvolvimento de uma atividade de Modelagem Matemática.

A partir de recortes do texto e das falas desses alunos sobre a atividade podemos conjecturar que a Modelagem Matemática representa uma possibilidade de estabelecer a comunicação na sala de aula. E estabelecida esta comunicação, ela revela o “motivo” - a mola propulsora- que mobiliza os alunos na atividade e serve de guia para definir as ações e operações

que conduzem ao conhecimento.

Referências Bibliográficas

- Almeida, L. M. W., & Brito, D. S. (2005). Atividades de Modelagem Matemática: que sentido os alunos podem lhe atribuir?. *Ciência e Educação* (UNESP), v. 11, p. 1-16.
- Almeida, L. M. W., & Ferruzzi, E. C. (2009). Uma aproximação socioepistemológica para a Modelagem Matemática. *Alexandria*, v. 2, p. 117-134.
- Alro, H., & Skovsmose, O. (2006). *Diálogo e aprendizagem em Educação Matemática*. Ed. Autêntica, São Paulo.
- Ellerton, N., & Clarkson, P. (1996). *Language factors in Mathematics teaching and learning* A. J. Bishop et al. (Eds.). *International Handbook of Mathematics Education*. pp. 987-1033.
- Ferreira, A. B. H. (1986). *Novo Dicionário da língua portuguesa*. Editora Nova Fronteira, 2ª edição, 7ª impressão.
- Fiske, J. (1995). *Introdução ao estudo da comunicação*. Porto: Edições Asa.
- Fox, J.L. (2006) A justification for Mathematical Modelling experiences in the preparatory classroom. In: 29th annual conference of the mathematics Education Research Group of Australia, pp 221-228. July, 2006, Canberra, Australia. Disponível em <http://www.merga.net.au/documents/RP232006.pdf>.
- Leontiev, A. N. (1978). *O desenvolvimento do psiquismo*. Lisboa: Horizonte Universitário.
- Mendes, E.J. (2001). A propósito da actividade, *Educação Matemática em Revista*, nº 61, pp 36-39.
- Menezes, L. (1999) Matemática, Linguagem e Comunicação. Disponível em: <http://clientes.netvisao.pt/lmenezes/Microsoft%20Word%20-%20Artigo%20ProfMat%2099.pdf> Acessado em julho de 2009.
- Stubbs, M. (1987). *Linguagem, escolas e aulas*. Lisboa: Livros Horizonte.