

Registros de Representação Semiótica Mobilizados em uma Atividade de Modelagem Matemática

Matheus Junior Baldaquim
Karina Alessandra Pessoa da Silva

RESUMO

Neste artigo, apresentamos resultados de uma investigação na qual analisamos os Registros de Representação Semiótica que alunos de um curso de Licenciatura em Química utilizam no desenvolvimento de uma atividade de Modelagem Matemática. Com isso, a investigação fundamenta-se nos pressupostos teóricos da Teoria dos Registros de Representação Semiótica de Raymond Duval e na Modelagem Matemática entendida como alternativa pedagógica para ensinar Matemática. A metodologia de análise leva em consideração as etapas da Análise de Conteúdo de Bardin (1977) em que categorias *a priori* foram estabelecidas, levando-se em consideração diferentes registros de representação semiótica. Por meio das representações mobilizadas, pudemos inferir que o contato com diferentes representações semióticas possibilita sua complementação e a compreensão dos objetos matemáticos.

Palavras-chave: Modelagem Matemática. Registros de Representação Semiótica. Cálculo Diferencial e Integral I.

Semiotic Representation Records Mobilized in a Mathematical Modeling Activity

ABSTRACT

In this article we present results of a investigation on which we analyzed the Semiotic Representation Registers that students of a Chemistry graduation use in the development of a Mathematical Modeling activity. This way, the investigation is based on the theoretical assumptions of the theory of semiotics representation registers of Raymond Duval and Mathematical Modeling understood as a pedagogical alternative to teach Mathematics. The analysis methodology takes into consideration the steps of Bardin's content analysis (1977), on which *a priori* categories were established, taking into consideration different semiotic representation registers. Through the mobilized representations, we can infer that the contact with different semiotic representations allows its complementation and the understanding of the mathematical objects.

Keywords: Mathematical Modeling. Semiotic Representations Registers. Integral and Differential Calculus.

Matheus Junior Baldaquim é Licenciado em Química. Atualmente, é Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática da Universidade Estadual de Maringá (PCM-UEM). Endereço para correspondência: Avenida Colombo, 5790, bloco F67, sala 007, 87020-900, Maringá/PR, Brasil. E-mail: matheusbaldaquim@gmail.com

Karina Alessandra Pessoa da Silva é professora Doutora do Programa de Pós-Graduação em Mestrado Profissional em Ensino de Matemática da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Endereço para correspondência: Avenida dos Pioneiros, 3131, 86036-370, Londrina/PR, Brasil.

E-mail: karinasilva@utfpr.edu.br

Recebido para publicação em 27 dez. 2017. Aceito, após revisão, em 9 maio 2018.

Acta Scientiae	Canoas	v.20	n.3	p.451-467	maio/jun. 2018
----------------	--------	------	-----	-----------	----------------

INTRODUÇÃO

O ensino e a aprendizagem acontecem em ambientes mediados pela linguagem, que subsidiam a construção de novos conhecimentos e o desenvolvimento de relações entre professores e alunos. Segundo Moraes (2010), o pensamento é colocado em movimento pela linguagem – oral, escrita e simbólica –, resultando na aprendizagem e ampliando a nossa realidade.

A utilização da linguagem na Educação Matemática, por exemplo, é fundamental para estabelecer relações e se apropriar de conceitos, (re)construindo significados que auxiliem o aluno a compreender o objeto estudado. A Matemática é uma das Ciências mais antigas e também uma das mais significantes conquistas na produção de conhecimentos relevantes para a sociedade (Martinelli, 2013). Ela é constituída por símbolos próprios caracterizados por uma linguagem específica que exige elevado grau de abstração, considerado um desafio para sua compreensão.

De acordo com Delgado (2010), o processo de ensino e aprendizagem da Matemática é caracterizado por diversos obstáculos, que se estendem por toda a Educação Básica, até o Ensino Superior, quando os alunos vão estudar disciplinas como Cálculo Diferencial e Integral.

Para a superação desses obstáculos e a compreensão dos conceitos matemáticos, é necessário articular os objetos e suas representações. A esse respeito, Duval (2009, p.14) afirma que “não se pode ter compreensão em Matemática, se nós não distinguirmos um objeto de sua representação”.

Nesse sentido, destacamos que “dispor de vários registros de representação não é suficiente para garantir a compreensão. Uma segunda condição é necessária: a coordenação de representações formuladas em registros distintos” (Duval, 1995 *apud* Henriques & Almouloud, 2016, p.470). Segundo o autor, “a coordenação é a capacidade do indivíduo em reconhecer a representação de um objeto, em dois ou mais registros distintos” (p.470), mobilizar apenas uma única representação, implica em tomar essa representação como se fosse o próprio objeto (Flores, 2006).

Muitos pesquisadores têm investigado a emergência de registros de representações semióticas (RRS) em sala de aula (Delgado, 2010; Piza & Savioli, 2011; Vertuan & Bariccatti, 2012; Santos, 2014, Richit, Pasa & Moretti, 2015, Henriques & Almouloud, 2016, Faria, 2017). Para tanto, muitas dessas pesquisas fazem uso de alguma tendência metodológica para inferir sobre a coordenação de diferentes registros de representação semiótica. Uma dessas tendências é a Modelagem Matemática (Vertuan, 2007; Rosa, 2009; Almeida & Vertuan, 2011; Costa et al., 2015; Costa, 2016; Barros, 2017).

A Modelagem Matemática é uma tendência metodológica que tem se destacado no contexto da educação brasileira. Silva (2017) tem empreendido esforços em pesquisa que “visa o trabalho em sala de aula ao propor a investigação de um ambiente educacional para o Cálculo Diferencial e Integral em condições reais de ensino”. Essa abordagem se caracteriza pela utilização das ferramentas matemáticas para a investigação de uma

situação não matemática (Almeida & Silva, 2017). É neste contexto que nossa investigação se insere com vistas a apresentar reflexões sobre a seguinte questão: Que RRS alunos de um curso de Licenciatura em Química mobilizam no desenvolvimento de uma atividade de Modelagem Matemática e como tais sujeitos os articulam por meio do tratamento e da conversão?

Justifica-se, assim, a utilização dessa abordagem no curso de Licenciatura em Química, partindo de uma situação-problema que envolve elementos das Ciências da Natureza e vinculada ao cotidiano do aluno, a saber, a variação de temperatura. Assim, aproximam-se as Ciências que são vistas historicamente, no contexto do ensino tradicional, como desvinculadas.

Considerando-se os elementos destacados, o presente trabalho está estruturado nessa introdução, na caracterização da Modelagem Matemática como alternativa pedagógica para o ensino de Matemática, na compreensão da Teoria dos RRS, nos aspectos metodológicos que orientam a nossa investigação, na análise e discussão dos resultados obtidos e considerações sobre o desenvolvimento da pesquisa.

SOBRE MODELAGEM MATEMÁTICA COMO ALTERNATIVA DE ENSINO

A Matemática é uma das Ciências mais antigas e, também, uma das mais importantes conquistas para a produção do conhecimento, tomando papel fundamental na formação do cidadão (Martinelli, 2013).

Podemos evidenciar que a Matemática é historicamente construída com base em situações reais conforme necessidades do homem. Entretanto, na pedagogia tradicional de ensino, essa Ciência é tratada como desvinculada da realidade. Cachapuz et al. (2005) apontam a descontextualização como uma das visões deformadas das Ciências, na qual se apresenta o conceito como fim em si mesmo (Costa, 2009).

Romper com barreiras epistemológicas para a construção do conhecimento no contexto educacional é um grande desafio. A Modelagem Matemática surge como alternativa nas pesquisas em Educação Matemática para superação desse desafio, uma vez que, “se refere à busca por uma representação matemática para um objeto ou fenômeno não matemático” (Silva, 2017, p.137). Dessa forma, é possível trabalhar a Matemática a partir de situações reais.

Segundo Almeida, Tortola e Merli (2012, p.217) “a Modelagem Matemática visa propor soluções para problemas por meio de modelos matemáticos. O modelo matemático, neste caso, é o que ‘dá forma’ à solução do problema e a Modelagem Matemática é a ‘atividade’ de busca por esta solução”.

De acordo com Silva (2017), a Modelagem Matemática “consiste em uma alternativa pedagógica na qual a partir de uma situação inicial (problemática) são utilizados procedimentos que definem estratégias de ação do sujeito envolvido com a atividade em

relação à situação problemática, obtendo uma situação final”, na situação final, temos a solução para a situação inicial. Almeida, Silva e Vertuan (2012) também identificam elementos presentes nas atividades de Modelagem Matemática:

[...] o início é uma situação-problema; os procedimentos de resolução não são predefinidos e as soluções não são previamente conhecidas; ocorre a investigação de um problema; conceitos matemáticos são introduzidos ou aplicados; ocorre a análise da solução. (Almeida et al., 2012, p.17)

Costa (2009, p.116) aponta algumas dificuldades para implementar a Modelagem Matemática como alternativa de ensino em cursos regulares, como “a necessidade de tempo para planejar as atividades”, “a mudança de postura dos estudantes exigida pelo ambiente de modelagem” e, “a falta de conhecimento pelos professores para desenvolver atividades de modelagem”. A autora aponta ainda que esses obstáculos podem ser minimizados se os temas forem motivadores, não apresentarem grande complexidade para o aluno e para o professor, e que o professor tenha disposição para avaliar novos temas.

Como método científico, nas pesquisas educacionais, a Modelagem Matemática está se consolidando. No entanto, ainda encontra-se uma lacuna em relação à utilização dessas pesquisas em sala de aula, enquanto alternativa de ensino. Dessa forma, faz-se importante a superação dos desafios apontados por Costa (2009), e destaca-se a importância de ensinar matemática mediada pela modelagem em ambientes reais de ensino (Burak, 2010).

A Modelagem Matemática permite aos alunos a compreensão dos objetos matemáticos, além de conhecer e relacionar as representações desses objetos e utilizá-los para interpretar fatos da realidade (Silva, 2017). Destaca-se nesse contexto, a importância da análise das representações utilizadas pelos alunos no desenvolvimento de uma atividade de Modelagem Matemática.

A TEORIA DOS REGISTROS DE REPRESENTAÇÃO SEMIÓTICA

De acordo com Santaella (2007, p.7) “o nome semiótica vem de raiz grega *semeion*, que quer dizer signo. A semiótica é a ciência dos signos”. Assim, os objetos de estudo da semiótica são os signos.

A Matemática é uma Ciência repleta de signos. Nela nos deparamos constantemente com representações, sejam de objetos ou conceitos e, para sua compreensão, faz-se necessário o estudo da semiótica. Nesse sentido, são incontáveis as contribuições da Teoria dos RRS de Raymond Duval. Segundo Machado (2003, p.8), a Teoria dos RRS “tem-se mostrado um importante instrumento de pesquisa, no estudo da complexidade

da aprendizagem Matemática” e vem tomando cada vez mais espaço no contexto da pesquisa brasileira. Sobre sua teoria Duval (2012) afirma que:

As representações semióticas são produções constituídas pelo emprego de signos pertencentes a um sistema de representações que tem inconvenientes próprios de significação e de funcionamento. Uma figura geométrica, um enunciado em língua natural, uma fórmula algébrica, um gráfico são representações semióticas que exibem sistemas semióticos diferentes. Consideram-se, geralmente, as representações semióticas como um simples meio de exteriorização de representações mentais para fins de comunicação, quer dizer para torná-las visíveis ou acessíveis a outrem. (Duval, 2012, p.269)

Duval (2003) afirma que a originalidade da atividade matemática encontra-se na mobilização de diferentes registros de representação ao mesmo tempo, podendo haver trocas simultâneas. Não é possível ao sujeito mobilizar seu conhecimento sem representá-lo. Dessa forma, saber utilizar diferentes registros de representação é fundamental para a construção do conhecimento.

Henriques e Almouloud (2016) chamam atenção para “dois termos que não devem ser confundidos, a saber: objeto e representação”. Objetos matemáticos não são simples e acessíveis sem o uso de representações. Segundo Damm (1999, p.137) a matemática “trabalha com objetos abstratos. Ou seja, os objetos matemáticos não são diretamente acessíveis à percepção, necessitando, para sua apreensão, o uso de uma representação”. Entretanto, Flores (2006) assinala que, quando o sujeito mobiliza uma única representação, pode confundi-la com o objeto, considerando-a ela própria o objeto.

Assim, a distinção entre um objeto matemático e suas representações é fundamental para a compreensão da matemática. De acordo com Duval (1993, p.38 *apud* Henriques & Aumouloud, 2016, p.467) “existe um paradoxo cognitivo do pensamento matemático: de um lado, a apreensão dos objetos matemáticos pode ser apenas uma apreensão conceitual, e de outro lado, só por meio de *representações semióticas* é que uma atividade sobre objetos matemáticos é possível”. Assim, por mais que a compreensão seja meramente conceitual, a mobilização de duas ou mais representações são essenciais para a construção do conhecimento (Martinelli, 2013).

Se duas ou mais representações devem ser utilizadas para a compreensão do objeto, destaca-se o papel do professor na instrução dos alunos no que concerne à mobilização dessas representações, sem que haja distorções conceituais.

Henriques e Almouloud (2016, p.470) apontam alguns erros conceituais presentes em pesquisas de estudantes com ênfase em Educação, “bem como por pesquisadores em nível avançado, principalmente em artigos publicados ou dissertações prontas”. Esses erros são versados a alguns conceitos básicos dos RRS de Duval que devem ser esclarecidos. Utilizaremos para tal, a Figura 1 esquematizada pelos autores que sintetiza tais conceitos.

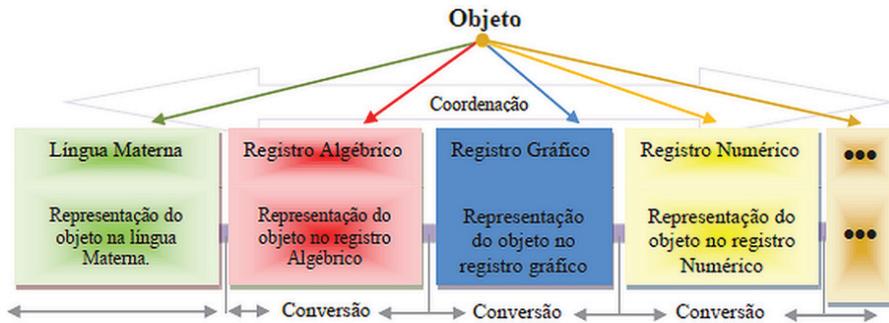


Figura 1. Conversão e coordenação de representações de um objeto entre registros (Henriques & Almouloud, 2016).

Com base na Figura 1, podemos verificar como já mencionado anteriormente, que o objeto pode ser representado de diferentes maneiras. Deve-se distinguir ainda o registro e a representação, segundo os autores, o registro é “um sistema estático dotado de signos, enquanto que a representação ou as representações feitas nesse registro são dinâmicas, no sentido de que podem sofrer tratamentos no próprio registro ou conversões entre diferentes registros” (Henriques & Almouloud, 2016, p.469).

Dessa forma, verificamos que os registros possuem diferentes representações que são dinâmicas. Ao mobilizar essas representações em um mesmo registro, estamos realizando um tratamento. Enquanto que se mobilizarmos diferentes representações em diferentes registros, estamos realizando uma conversão. No entanto, “dispor de vários registros de representação não é suficiente para garantir a compreensão. Uma segunda condição é necessária: a coordenação de representações formuladas em registros distintos” (Henriques & Almouloud, 2016, p.469-470). A coordenação é, portanto, a capacidade do indivíduo de converter representações, ou seja, mobilizar representações em diferentes sistemas semióticos.

FOCO DO ESTUDO E SEU DESENVOLVIMENTO

Levando em consideração as características da pesquisa desenvolvida, e para alcançar os objetivos apresentados, classificamos a mesma como qualitativa, pois durante sua execução, houve a possibilidade de desdobramentos e adequações, de acordo com as necessidades dos envolvidos (Lüdke, 1986).

De acordo com Garnica et al. (2004) a pesquisa qualitativa permite alguns desdobramentos, dentre eles, podemos destacar: a transitoriedade dos resultados; a não neutralidade do pesquisador, que na interpretação dos dados pode interferir diretamente de acordo com as suas concepções; e a impossibilidade de estabelecer procedimentos sistemáticos e generalistas, definindo hipóteses *a priori* que condicionam a investigação a comprová-la ou refutá-la.

A pesquisa foi realizada com alunos de um primeiro período (regime semestral) de um curso de Licenciatura em Química de uma Universidade Federal do Norte do Paraná, no primeiro semestre de 2017. O seu desenvolvimento se deu com a atividade de Modelagem Matemática intitulada “Temperatura no interior de um carro”, na disciplina de Cálculo Diferencial e Integral I, em que a professora regente e também autora deste artigo foi a responsável pela mediação do encaminhamento. Silva e Oliveira (2014) afirmam que, quando o professor escolhe o tema da atividade de Modelagem Matemática a ser desenvolvida, há maior controle das ações dos alunos ao mesmo tempo em que “há um direcionamento e um movimento de regras que regulam a prática pedagógica” (p.40).

Para desenvolver a atividade de modelagem, os alunos se organizaram em grupos com quatro ou cinco integrantes para coleta de dados (Figura 2) que ocorreu em horário extraclasse, orientados pelo texto do Quadro 1 entregue pela professora.

Quadro 1. *Atividade de Modelagem Matemática*

<p>Temperatura no interior de um carro</p> <p>Ao estacionarmos um carro em um ambiente que receba luz solar direta ou indiretamente e manter esse veículo fechado por algum tempo, a temperatura em seu interior aumenta.</p> <p>A temperatura no interior de um carro parado aumenta rapidamente e pode levar uma criança à morte em poucas horas, segundo um estudo realizado pelo Departamento de Geociências da Universidade Estadual de San Francisco, nos Estados Unidos. Crianças que ficam trancadas em veículos passam a correr sérios riscos de saúde em apenas 30 minutos de confinamento.</p> <p>O estudo da variação de temperatura no interior de um veículo pode ser realizado utilizando um termômetro de ambiente.</p> <p>Escolha um dia, horário e um ambiente para deixar um veículo exposto por algum tempo sob a incidência direta ou indireta do calor do Sol para fazer a coleta de dados. Para isso, descreva e fotografe os procedimentos.</p> <p>Coletando dados</p> <p>Para realizar a coleta de dados vocês deverão fixar dentro do carro um termômetro que mede a temperatura ambiente e observar a variação de temperatura no decorrer do tempo. Não abra o carro durante a coleta para não interferir nos dados, para isso deixe o termômetro sobre o painel de forma que seja possível realizar a leitura da temperatura.</p> <p>Anotem a temperatura T do ambiente (em $^{\circ}\text{C}$) conforme o tempo t passa, em minutos, completando o Quadro. Utilizem intervalos de tempo iguais para cada uma das coletas realizadas.</p> <p>Quadro: Variação da temperatura do ambiente em função do tempo</p> <table border="1"> <tr> <td>Tempo (em minutos)</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>Temperatura (em $^{\circ}\text{C}$)</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </table> <p>Fonte: dados coletados empiricamente.</p>													Tempo (em minutos)													Temperatura (em $^{\circ}\text{C}$)												
Tempo (em minutos)																																						
Temperatura (em $^{\circ}\text{C}$)																																						

Fonte: os autores (2017).



Figura 2. Registro da coleta de dados realizada pelos alunos (Relatório dos alunos, 2017).

A partir dos dados coletados e trazidos para a sala de aula, o desenvolvimento da atividade de Modelagem Matemática ocorreu em 5 horas/aulas. Tal desenvolvimento foi orientado pela professora e por algumas questões sugeridas pela mesma, conforme destacado no Quadro 2. Vale ressaltar que essas questões foram apenas sugestões para orientar o encaminhamento da atividade. No entanto, a professora deixou clara a possibilidade de os grupos de alunos escolherem o encaminhamento para apresentarem uma solução para um problema a ser estudado.

Quadro 2. *Questões para orientar o desenvolvimento da atividade de modelagem*

Temperatura no interior de um carro, discussões iniciais

1. Quais são as variáveis dependente e independente consideradas na situação da temperatura no interior do carro?
2. Segundo estudos realizados pelo Departamento de Geociências da Universidade Estadual de San Francisco, nos Estados Unidos, temperatura no interior de um veículo pode aumentar cerca de 80% em meia-hora.

Analisem a coleta dos dados que vocês realizaram e respondam: Qual foi o percentual de aumento na temperatura interna do carro, com relação à temperatura inicial, no período de meia-hora?

3. Ainda, de acordo com o estudo mencionado no item anterior, o corpo de um bebê absorve mais calor em um dia quente e as crianças têm capacidade de respiração menor do que os adultos, consequentemente, têm menos condições de dissipar o calor do corpo pela transpiração. Se o corpo atingir a temperatura de $41,6^{\circ}\text{C}$ a criança pode sofrer uma parada cardiorrespiratória.

Se considerarmos, de forma simplificada, que essa temperatura do corpo pode ser associada à temperatura do ambiente, após quanto tempo exposto ao sol, o carro que vocês coletaram os dados atinge a temperatura de $41,6^{\circ}\text{C}$.

4. Qual a taxa de variação da temperatura em função do tempo no momento em que se atinge $41,6^{\circ}\text{C}$? Como é possível responder essa questão?
5. Representem, na folha de sulfite, em um plano cartesiano, os dados coletados.
6. Observem os pontos no plano cartesiano que representam o comportamento da temperatura interna do carro que vocês coletaram os dados. O que podem perceber?
7. Observando os dados no plano cartesiano, que função poderia representá-los? Tentem determinar uma função que represente esses dados.

Fonte: os autores (2017).

A turma era composta por 35 alunos, que formaram 8 grupos. A análise que realizamos levou em consideração os encaminhamentos que se aproximaram das questões 2, 5, 6 e 7 do Quadro 2. Os registros escritos da atividade foram analisados, com o consentimento livre e esclarecido assinado pelos alunos.

Para análise dos registros de representação semiótica, recorreremos ao referencial teórico de Bardin (1977), a Análise de Conteúdo, por permitir um tratamento dos dados que “oscila entre os dois polos do rigor da objetividade, da fecundidade e da subjetividade” (Bardin, 1977, p.9), que atendem aos objetivos dessa pesquisa. A análise supracitada é uma metodologia de pesquisa que visa interpretar a informação presente em mensagens emitidas por diferentes comunicações a partir de categorias que orientam a elaboração de inferências em relação a determinado assunto.

A análise constitui-se das seguintes etapas: 1) pré-análise: corresponde ao primeiro contato do autor com o objeto a ser analisado, também conhecida como leitura flutuante; 2) exploração do material: o material analisado fornece informações sobre o tema estudado que compõe o *corpus* da pesquisa, realiza-se a decodificação dos dados por meio de estudo intenso e exaustivo; 3) formulação dos objetivos: constitui a finalidade do estudo; e 4) tratamento dos resultados e inferências: indicam-se interpretações a propósito dos objetivos definidos (Bardin, 1977).

Assim, analisamos os registros mobilizados de acordo com as unidades de registros URA, URB, URC, URD, URE e URF, conforme descrito abaixo, e posteriormente agrupamos essas em duas unidades de contexto estabelecidas *a priori*, de acordo com o apresentado por Santos (2014). A primeira é a conversão, leva-se em consideração a coordenação dos registros naturais, numéricos, algébricos, tabulares e/ou gráficos. A segunda unidade corresponde aos tratamentos, mobilizando diferentes representações em um mesmo registro.

- URA: Realizou conversões entre os registros tabular, gráfico e da língua natural.
- URB: Realizou conversões entre os registros tabular, gráfico, algébrico e da língua natural.
- URC: Realizou a conversão do registro tabular para o registro algébrico.
- URD: Realizou a conversão do registro numérico para o registro da língua natural.
- URE: Utilizou o registro numérico.
- URF: Utilizou o registro da língua natural.

Dessa forma, a análise realizada foi organizada conforme disposto na Figura 3.

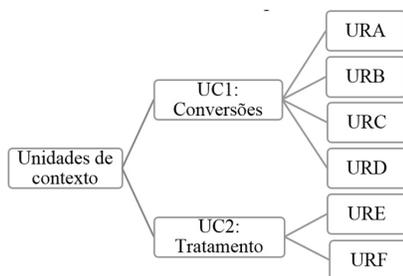


Figura 3. Unidades de contexto e respectivas unidades de registros (os autores, 2017).

Levando em consideração os aportes teóricos e as categorias *a priori*, analisamos os registros dos grupos de alunos quando desenvolvem uma atividade de Modelagem Matemática.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise foi realizada em duas etapas, inicialmente analisamos as questões 5, 6 e 7 do Quadro 2, justificamos a análise dos itens descritos pelo fato de solicitarem o trabalho com os dados por meio de registros distintos e complementares. Posteriormente, optamos por analisar a questão 2 por considerarmos um dos problemas que foi investigado por todos os grupos e para o qual deveriam apresentar uma solução a partir dos dados coletados. Neste artigo não apresentamos as análises das demais questões pela grande quantidade de dados.

Para analisar as questões 5, 6 e 7, elaboramos o Quadro 3 no intuito de descrever os registros mobilizados pelos grupos e se foram mobilizados (X), ou não (X*), de acordo com a situação apresentada.

Quadro 3. Representações utilizadas pelos grupos para as questões 5, 6 e 7

	Registro tabular	Registro língua natural	Registro algébrico	Registro gráfico
Grupo 1	X	X	X*	X
Grupo 2	X	X	X	X
Grupo 3	X	X	X	X
Grupo 4	X	X	-	X
Grupo 5	X	X	X	X
Grupo 6	X	X*	X	X*
Grupo 7	X	X	-	X
Grupo 8	X	X*	X	X*

Legenda– X: Possui o registro e corresponde com a situação apresentada; X*: Possui o registro, mas não corresponde à situação apresentada.

Fonte: os autores (2017).

O grupo 1 mobilizou de maneira correta as conversões do registro tabular para o registro gráfico, posteriormente, interpretou o registro gráfico transcrevendo-o na linguagem natural. No entanto, os alunos encontraram dificuldades no momento de converter para o registro algébrico e não conseguiram mobilizar essa conversão de forma correta, como exposto na Figura 4. Dessa forma, a unidade de registro mobilizada pelo grupo foi a URA.

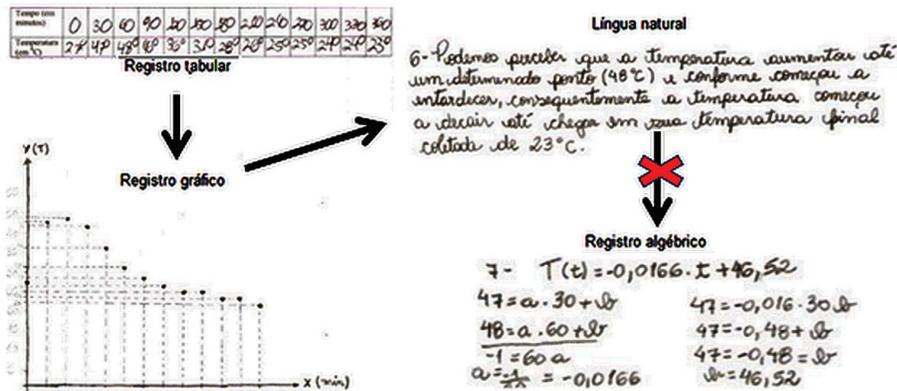


Figura 4. Registros de representação mobilizados pelo grupo 1 (Relatório dos alunos, 2017).

Os registros mobilizados pelos grupos 2, 3 e 5 foi o URB. Tais grupos conseguiram realizar a conversão dos registros tabular, gráfico, algébrico e da língua natural de maneira correta. Dessa forma, nessa atividade podemos inferir que os grupos atendem a segunda condição indicada por Duval para compreensão de um objeto matemático – a coordenação de representações formuladas em registros distintos –, conforme apresentado na Figura 5.

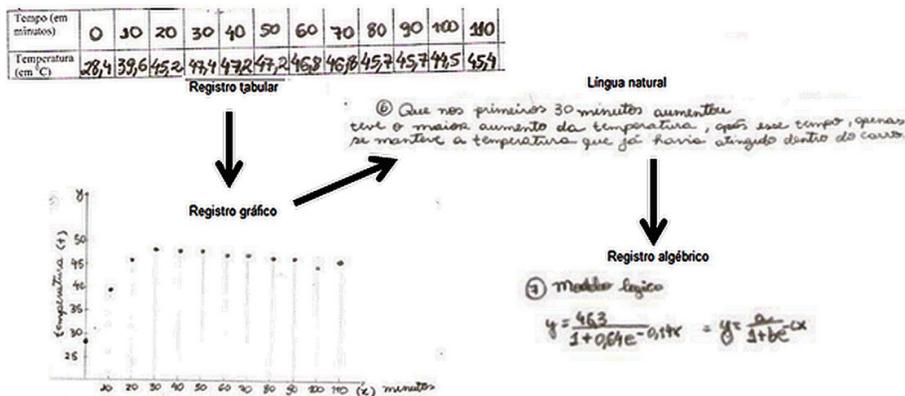


Figura 5. Registros de representação mobilizados pelo grupo 2 (Relatório dos alunos, 2017).

Apesar de responder às questões de maneira correta, os grupos 4 e 7 mobilizaram apenas o registro URA. A quarta questão solicitada não foi realizada, os grupos indicaram pela língua natural uma possível função que representa os dados, porém não a determinou, conforme apresentado na Figura 6. Portanto, consideramos que esses grupos coordenaram apenas os registros tabular, gráfico e de língua natural.

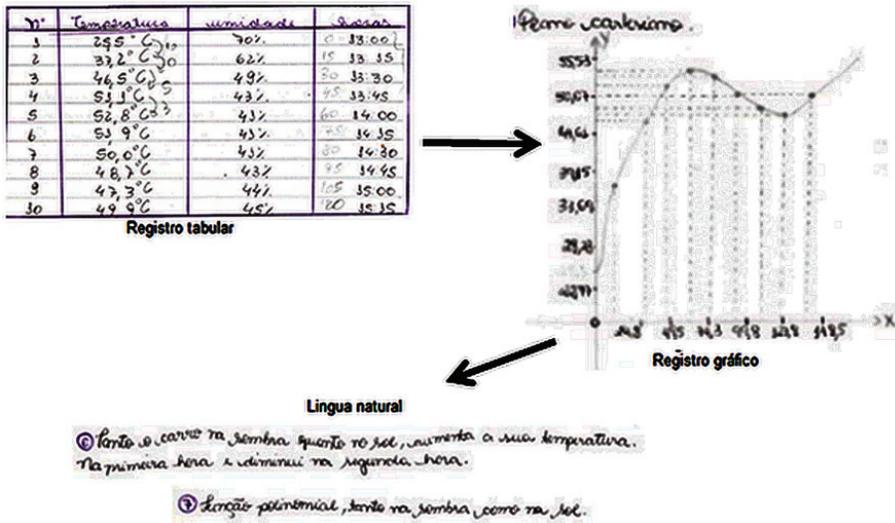


Figura 6. Registros de representação mobilizados pelo grupo 4 (Relatório dos alunos, 2017).

Os grupos 6 e 8 apresentaram os dados em registro tabular, no entanto, verificamos que ao converter para o registro gráfico, não levaram em consideração a escala, assim, ambos construíram um gráfico linear. Por consequência, não houve a conversão do registro gráfico em registro da língua natural de forma correta. A conversão realizada corretamente pelos grupos foi referente à URC, ou seja, do registro tabular para o algébrico, conforme apresentado na Figura 7.

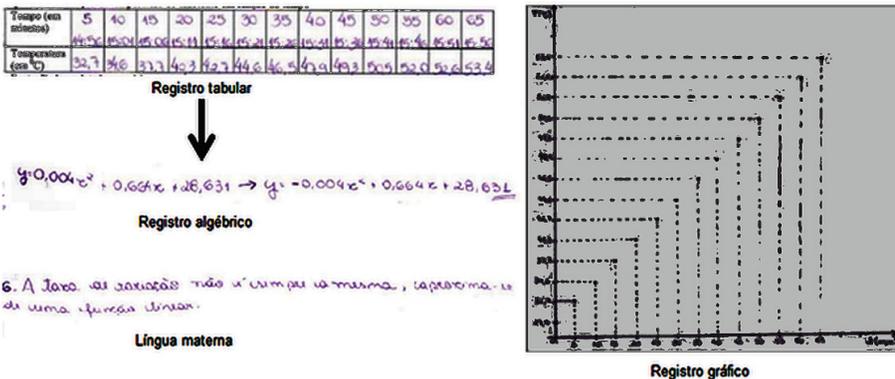


Figura 7. Registros de representação mobilizados pelo grupo 6 (Relatório dos alunos, 2017).

Embora nas questões analisadas existam algumas incorreções na maneira como os registros de representação semiótica foram apresentados, podemos conjecturar que, a mobilização de diferentes representações coordenadas entre os registros, possibilitou a compreensão do objeto matemático por maior parte do grupo de alunos.

A questão 2 apresentada no Quadro 2 foi analisada da mesma forma das questões anteriores e será descrita a seguir.

Os grupos 2, 3, 4 e 7 responderam a questão mobilizando apenas o registro numérico – URE –, portanto, a ação realizada foi o tratamento dos dados por meio de cálculos via regra de três simples, divisão, e outras. Não houve a conversão entre os registros, como podemos observar na Figura 8.

$$\begin{array}{l} 25,5 - 100\% \\ 21,0 - x \\ x = \frac{2100}{25,5} = \boxed{82,35\%} \end{array}$$

Figura 8. Registro mobilizado pelo grupo 4 para a questão 2 (Relatório dos alunos, 2017).

Os grupos 1, 5 e 6 realizaram a conversão do registro numérico para o registro da língua natural (Figura 9), mobilizando a URD. Dessa forma, houve a coordenação entre os registros.

Figura 9. Registros mobilizados pelo grupo 6 para a questão 2 (Relatório dos alunos, 2017).

O grupo 8 respondeu a questão 2 mobilizando apenas o registro da língua natural, portanto, apenas a URF foi utilizada, realizando a ação de tratamento.

Questão 2

O percentual de aumento na temperatura interna do corpo, com relação à temperatura inicial, no período de meia hora, foi de 33,07%.

Figura 10. Registro mobilizado pelo grupo 8 para a questão 2 (Relatório dos alunos, 2017).

Podemos inferir que a questão 2 não requer dos alunos a mobilização de diversos registros, no entanto, a conversão do registro numérico para o registro da língua natural foi realizada por três grupos, possibilitando a coordenação e, conseqüentemente, a

compreensão do objeto matemático. Os demais grupos de alunos utilizaram apenas representações mobilizadas em um mesmo registro, realizando a ação de tratamento.

Embora reconhecida a importância do tratamento por Duval (2003), faz-se necessária a conversão de representações mobilizadas nos diferentes registros, o que garante a compreensão do objeto matemático. É nessa transformação que o estudante é capaz de estabelecer relações entre os diversos registros mobilizados. Assim, consideramos do ponto de vista cognitivo a conversão como responsável pelos mecanismos de compreensão dos objetos matemáticos.

Com a investigação realizada inferimos que a atividade de Modelagem Matemática desenvolvida em sala de aula permitiu a mobilização de diversos registros, havendo a possibilidade de realizar tratamentos e conversões em momentos distintos.

ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

A Teoria dos Registros de Representação Semiótica (RRS) de Raymond Duval traz contribuições significativas para a organização do conhecimento na Educação Matemática. Com ela podemos analisar de que forma ocorre o processo de aprendizagem, assim têm se mostrado uma metodologia didática auxiliar para a produção de práticas em sala de aula. Destaca-se também, a Modelagem Matemática, que vem ganhando cada vez mais espaço como uma alternativa de ensino. Dessa forma, defendemos a sua utilização em ambientes reais de ensino, como no caso desse trabalho.

A reflexão da Educação Matemática a partir dos RRS e das operações de conversão e de tratamento pode auxiliar o docente na constituição de estratégias metodológicas que potencializem a disciplina, objetivando a compreensão da mesma pelos estudantes. Além disso, a análise cognitiva dessas operações pode contribuir no entendimento de como ocorre a compreensão dos estudantes compreendem, evidenciando as dificuldades encontradas no estudo de objetos matemáticos.

A Análise de Conteúdo empregada nesse trabalho se mostrou eficiente, possibilitando um tratamento adequado dos dados coletados. Com o intuito de responder a nossa questão inicial de pesquisa fez-se a análise dos RRS, agrupamos esses registros em duas unidades de contexto, o tratamento e as conversões, assim pudemos perceber que, durante a atividade de modelagem, os grupos mobilizaram as operações descritas por Duval como essenciais para a compreensão dos objetos matemáticos.

A atividade desenvolvida possibilitou a inserção dos alunos em um contexto que permite a utilização constante de diversas representações do objeto matemático como instrumentos para investigação dos problemas elaborados, ou seja, durante a atividade de modelagem as representações e condições descritas por Duval aconteceram.

Ainda que nesse artigo não tenhamos investigado diretamente a aprendizagem dos alunos com relação ao objeto matemático, podemos inferir com base nos pressupostos dos RRS que o uso diversificado de representações e as operações de tratamento e conversão

realizados são fundamentais para a compreensão deste objeto que emergiu da atividade e que faz parte da disciplina de Cálculo Diferencial e Integral I.

Enquanto pesquisa futura no que concerne evidenciar a compreensão do encaminhamento da atividade de modelagem matemática com base nos RRS as questões 1, 3 e 4 serão analisadas com vistas a complementar a análise realizada nessa investigação.

REFERÊNCIAS

- Almeida, L. M. W., & Silva, K. A. P. (2017). A ação dos signos e o conhecimento dos alunos em atividades de modelagem matemática. *BOLEMA – Boletim de Educação Matemática*, 31(57), 202-217.
- Almeida, L. M. W., & Vertuan, R. E. (2011). Registros de representação semiótica em atividades de Modelagem matemática: uma categorização das práticas dos alunos. *Unión (San Cristobal de La Laguna)*, 25, 109-125.
- Almeida, L. M. W., Silva, K. A. P., & Vertuan, R. E. (2012). *Modelagem Matemática na Educação Básica*. São Paulo, SP: Contexto.
- Almeida, L. M. W., Tortola E., & Merli, R. F. (2012). Modelagem Matemática – Com o que estamos lidando: Modelos diferentes ou linguagens diferentes?, *Acta Scientiae*, 14(2), 215-239.
- Bardin, L. (1977). *Análise de conteúdo*. Lisboa, PT: Edições 70.
- Barros, M. C. (2017). *Equações diferenciais ordinárias no contexto dos registros de representação semiótica e da modelagem matemática* (Tese de doutorado). Universidade Estadual de Maringá.
- Burak, D. (2010). Modelagem Matemática sob um olhar de Educação Matemática e suas implicações para a construção do conhecimento matemático em sala de aula. *Revista de Modelagem na Educação Matemática*, 1(1), 10-27.
- Cachapuz, A., Perez, G. D., Carvalho, A. M. P., Praia, J., & Vilches, A. (2005). *A necessária renovação do ensino das ciências*. São Paulo, SP: Cortez.
- Costa, H. R. (2009). A modelagem matemática através de conceitos científicos. *Ciências & Cognição*, 14(3), 114-133.
- Costa, L. M. C. (2016). *A compreensão em atividades de modelagem matemática: uma análise à luz dos registros de representação semiótica* (Dissertação de mestrado). Universidade Estadual de Londrina.
- Costa, L. M., Almeida, L. M. W., Silva, K. A. P., & Passos, M. M. (2015). A conversão entre diferentes registros de representação semiótica em uma atividade de modelagem matemática. *VIDYA*, 35(1), p.71-90.
- Damm, R. F. (1999). Registros de Representação. In: S. Machado (Org.). *Educação Matemática: uma introdução*. (p.135-153). São Paulo, SP: EDUC.
- Delgado, C. J. B. (2010). *O Ensino da Função Afim a Partir dos Registros de Representação Semiótica* (Dissertação de mestrado). Universidade Grande Rio, Duque de Caxias.

- Duval, R. (2003). Registros de representações semióticas e funcionamento cognitivo da compreensão em matemática. In: H. Machado (Org.), *Aprendizagem em matemática: registros de representação semiótica*. (p.11-33). Campinas, SP: Papirus.
- Duval, R. (2009). *Semiósis e pensamento humano: registros semióticos e aprendizagens intelectuais*. São Paulo, SP: Livraria da Física.
- Duval, R. (2012). Registros De Representação Semiótica e Funcionamento Cognitivo Do Pensamento. *REVEMAT*, 7(2), 266-297.
- Faria, R. A. (2017). *Integração multimodal e coordenação de representações semióticas em atividades de função do 1º grau* (Dissertação de mestrado). Universidade Estadual de Londrina.
- Flores, C. R. (2006). Registros de representação semiótica: história, epistemologia e aprendizagem. *BOLEMA – Boletim de Educação Matemática*, 19(26), 77-102.
- Garnica, A. V. M. (2004). História oral e Educação Matemática. In J. Araujo (Ed.), *Pesquisa Qualitativa em Educação Matemática*. Belo Horizonte: Autêntico.
- Henriques, A., & Almouloud, S. A. (2016). Teoria de registros de representação semiótica em pesquisas na Educação Matemática no Ensino Superior: uma análise de superfícies e funções de duas variáveis com intervenção do *software* Maple. *Ciência Educação*, 22(2), 465-487.
- Lüdke, M. (1986). *Pesquisa em educação: abordagens qualitativas*. São Paulo, SP: EPU.
- Machado, S. D. A. (2013). *Aprendizagem em matemática: registros de representação semiótica*. Campinas, SP: Papirus.
- Martinelli, D. S. P. (2013). *Geometria Analítica com o Software Winplot: Articulando as representações algébricas e geométricas* (Trabalho de Conclusão de Curso). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Moraes, R. (2010). O significado do aprender: linguagem e pesquisa na reconstrução de conhecimentos. *Conjectura: Filosofia e Educação*, 15(1), 135-150.
- Piza, C. A. M. & Savioli, A. M. P. D. (2011). Registros de representação semiótica: um estudo sobre a parábola. *Acta Scientiae*, 13(2), 55-70.
- Richit, L. A., Pasa, B. C. & Moretti, M. T. (2015). Análise do processo de aprendizagem de geometria de estudantes do programa de iniciação científica: perspectivas a partir da teoria dos registros semióticos. *Acta Scientiae*, 17(3), 651-671.
- Rosa, C. C. (2009). *Um estudo do fenômeno de congruência em conversões que emergem em atividades de Modelagem Matemática no Ensino Médio* (Dissertação de mestrado). Universidade Estadual de Londrina.
- Santaella, L. (2007). *O que é semiótica*. São Paulo, SP: Brasiliense.
- Santos, G. L. (2014). *Os registros de representação semiótica mobilizados por acadêmicos de um curso de Ciências Contábeis em resolução de problemas* (Tese de Doutorado). Universidade Estadual de Londrina, Londrina.
- Silva, K. A. P. (2017). Modelagem matemática em sala de aula: caracterização de um ambiente educacional. *Revista paranaense de Educação Matemática*, 6(10), 135-157.
- Silva, L. A. & Oliveira, A. M. P. (2014). Quando a escolha do tema em atividades de modelagem matemática provém do professor: o que está em jogo?, *Acta Scientiae*, 17(1), 40-56.

Vertuan, R. E. (2007). *Um olhar sobre a modelagem matemática à luz dos registros de representação semiótica* (Dissertação de mestrado). Universidade Estadual de Londrina.

Vertuan, R. E. & Bariccatti, K. H. G. (2012). Os diferentes sentidos das representações dos objetos matemáticos e as atividades de tratamento e conversão entre registros, *Revemat: Revista Eletrônica de Educação Matemática*, 7, 32-47.