

COMUNICAÇÃO EM ATIVIDADES DE MODELAGEM MATEMÁTICA: UMA ANÁLISE SEMIÓTICA

Robson Aparecido Ramos Rocha¹

GD10 – Modelagem Matemática

Resumo: Este artigo apresenta os pressupostos teóricos de uma pesquisa em início de desenvolvimento como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Matemática pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, câmpus Londrina/Cornélio Procópio. A pesquisa tem por objetivo evidenciar o papel dos diferentes signos interpretantes usados ou produzidos na comunicação em atividades de Modelagem Matemática com experimentação. Para isso, estudantes do Ensino Médio de uma escola pública, do campo, localizada no interior do Paraná desenvolverão atividades de Modelagem Matemática com experimentação, aliadas a conceitos da disciplina de Química. Propõe-se fazer uso da abordagem qualitativa e interpretativa conforme as acepções de Bogdan e Biklen (1994) e Lüdke e André (2013), e organizá-las segundo abordagens metodológicas da Análise de Conteúdo propostas por Bardin (1977). Além destes, as análises da pesquisa fundamentam-se em Almeida, Silva e Vertuan (2013), que desenvolvem práticas de Modelagem Matemática enquanto alternativa pedagógica, e na Semiótica de Charles Sanders Peirce, dando ênfase aos interpretantes na Teoria da Comunicação.

Palavras-chave: Modelagem Matemática. Semiótica Peirceana. Comunicação. Experimentação.

INTRODUÇÃO

Neste artigo apresentamos nossa intenção de pesquisa que desencadeará na elaboração de uma dissertação de Mestrado Profissional em Ensino de Matemática pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – câmpus Londrina/Cornélio Procópio.

O interesse pela Modelagem Matemática foi despertado pelas experiências acadêmicas e profissionais do pesquisador. A ideia sobre pesquisar questões relativas à Semiótica especificamente a Teoria de Charles Sanders Peirce, dando ênfase a conceitos voltados para os interpretantes no processo de comunicação, emergiu por considerarmos relações entre Semiótica Peirceana e Modelagem Matemática presentes na literatura.

A pesquisa tem como objetivo, evidenciar o papel dos diferentes signos interpretantes usados ou produzidos na comunicação em atividades de Modelagem Matemática com experimentação.

¹ Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR - Câmpus Londrina/Cornélio Procópio; Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Matemática; robson.1989@alunos.utfpr.edu.br; orientadora: Prof^a Dr^a Karina Alessandra Pessoa da Silva.

Para tanto, atividades de Modelagem Matemática com experimentação serão desenvolvidas com estudantes do Ensino Médio, na disciplina de Química, de uma escola pública localizada no interior do Paraná. Serão desenvolvidas atividades considerando os três momentos de familiarização conforme orientam Almeida, Silva e Vertuan (2013). A escolha do Ensino Médio e da disciplina de Química se justifica, pelo fato de o pesquisador ser professor regente das turmas, e nos últimos anos, vêm desenvolvendo² atividades por meio da Modelagem Matemática enquanto alternativa pedagógica.

As próximas seções apresentam alguns dos pressupostos teóricos da pesquisa acerca da Semiótica Peirceana dando ênfase aos interpretantes, e da Modelagem Matemática enquanto alternativa pedagógica aliada a atividades experimentais. Em seguida, trazemos os encaminhamentos metodológicos que nortearão a organização da pesquisa, bem como os procedimentos a serem utilizados. Apresentamos também uma atividade já desenvolvida, e algumas das análises realizadas com base nos pressupostos teóricos apresentados neste trabalho, por fim, algumas considerações acerca da pesquisa.

APORTES TEÓRICOS

Muitas pesquisas têm sido realizadas com relação à Modelagem Matemática, tanto com desenvolvimentos na Matemática quanto em diversas áreas de conhecimento por sua característica interdisciplinar (AMORIM, 2016; SEETI, 2017; ROCHA; SILVA, 2019). De forma análoga, muitas outras sobre Semiótica, com base nas teorias de Charlie Sanders Peirce (SILVA, 2008; SILVA, 2013, ALMEIDA; SILVA, 2017). Porém, há um restrito número de pesquisas que investigam sobre a Semiótica Peirceana no contexto da comunicação, tampouco pesquisam esse contexto em atividades de Modelagem Matemática.

De modo a mencionar aportes teóricos sobre esses conceitos, nessa seção, apresentamos inicialmente, algumas considerações a respeito da Semiótica Peirceana no contexto da Teoria da Comunicação dando ênfase aos interpretantes. Na sequência, fazemos uma abordagem sobre a Modelagem Matemática enquanto alternativa pedagógica.

² Para saber mais sobre atividades de Modelagem Matemática desenvolvidas com as turmas, consultar (ROCHA; SILVA, 2018; ROCHA; SILVA, 2019).

Signos interpretantes no contexto da comunicação

A Semiótica de Peirce estabelece a relação triádica entre o *signo*, aquilo que representa alguma coisa para alguém, o *objeto*, alguma coisa que o signo representa, e o *interpretante*, que constitui algo que o signo em sua função produz essencialmente em seu intérprete (PEIRCE, 2005). Este último termo (*interpretante*), em outras palavras, é o significado do signo, que ao mesmo tempo pode se constituir em outro signo (NETTO, 2007).

Peirce apresenta divisões para interpretantes em três diferentes princípios. O primeiro princípio, “está baseado na distinção entre a essencial, a informada e a substancial extensão (*breadth*) e profundidade ou compreensão (*deph*) de um símbolo” (SANTAELLA, 2012, p. 67).

O segundo princípio, refere-se aos interpretantes: *imediatos*, *dinâmicos*, e *final*. É importante ressaltar que não são três interpretantes distintos, mas sim “graus ou níveis de interpretante, ou melhor, diferentes aspectos ou estratégias na geração do interpretante” (SANTAELLA, 2012, p. 67). O interpretante *imediatos* trata-se de um interpretante interno ao signo, ou seja, é uma possibilidade de interpretação que ainda não foi realizada na mente interpretadora. O interpretante *dinâmico* é o efeito produzido pelo signo num ato de interpretação, ou seja, equivale ao significado sendo produzido pelo intérprete numa dada ocasião a partir de suas considerações sobre o signo. Por último, o interpretante final que se refere à significação, ou seja, a maneira com que o signo tende a se representar em relação ao seu objeto (SANTAELLA, 2012). Mas o que esses interpretantes têm a ver com o terceiro princípio, ou seja, o processo de comunicação de Peirce?

Pietarinen (2003) baseando-se na Teoria da Comunicação de Peirce definiu comunicação como a interpretação de uma linguagem em que uma mensagem é analisada numa sequência de unidades denominadas signos. Corroborando com esta definição, Santaella (2018, p. 13) argumenta que “[...] não há comunicação sem signos. Portanto, o que trocamos e compartilhamos quando comunicamos são signos de todos os mais diferentes tipos”. Ainda neste sentido, Netto (2007, p. 79), argumenta que a comunicação pode ter como origem asserções direcionadas pelo falante ou emissor:

Sob o ponto de vista da Teoria da Comunicação, uma asserção é um ato através do qual um falante dirige-se a um ouvinte graças ao uso de signos. E nesse ato,

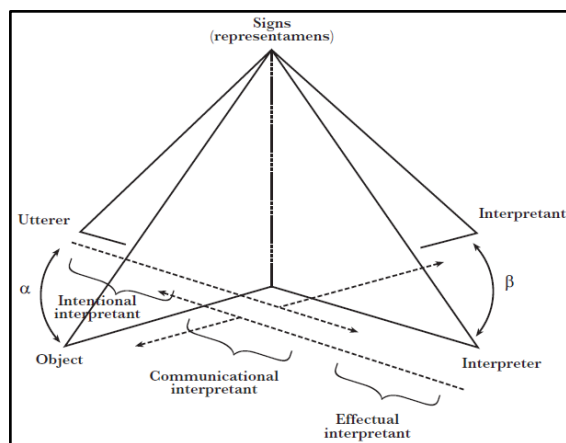
para Peirce, a asserção demonstra que o emissor conhece aquilo ou acredita naquilo que está sendo iniciado, pressupondo-se ainda que a asserção está destinada a provocar uma crença ou conhecimento semelhante no ouvinte.

Nesse sentido, Peirce considerava em sua Teoria da Comunicação, que todo pensamento pode ser algo a ser visto sob uma forma dialógica, assim, sua relação triádica entre objeto, signo e interpretante, pode surgir por meio da relação entre *utterer* (emissor) com um *intérprete* (receptor). Nesta relação entre emissor e receptor, Peirce (1998) considera que:

Há o Interpretante *Intencional*, que é uma determinação da mente do utterer; o Interpretante *Effectual* que é uma determinação da mente do intérprete; e o Interpretante *Comunicacional*, ou seja, o *Cominterpretant*, que é uma determinação daquela mente na qual as mentes do utterer e do intérprete têm de se fundir a fim de que qualquer comunicação possa ocorrer. Esta mente pode ser chamada *commens*. Ela consiste em tudo o que é e deve ser bem compreendido entre utterer e intérprete a fim de que o signo em questão cumpra sua função (PEIRCE, 1998, p. 478).

Pietarinen (2003) representa este conceito por meio de um sistema triádico de comunicação aliado a tríade objeto, signo e interpretante.

Figura 1: Sistema triádico de comunicação em Peirce



Fonte: Pietarinen (2003, p. 87)

No esquema proposto por Pietarinen, as setas tracejadas mostram o aumento e a diminuição dos estados de informação do emissor (*utterer*) e dos intérpretes. A área sobreposta refere-se à determinação do interpretante comunicacional (*Cominterpretant*). O ângulo α mede o grau em que os objetos e seus pronunciadores convergem, e o ângulo

β mede o grau em que os interpretantes e seus intérpretes convergem (PIETARINEN, 2003).

Nesse sentido, Johansen (2002) relaciona o interpretante imediato, dinâmico e final, com o interpretante intencional, effectual e comunicacional, do terceiro princípio da divisão do interpretante de Peirce. Segundo suas concepções, o interpretante intencional pressupõe o interpretante imediato, pois, o interpretante imediato indica uma ampla gama de significados possíveis, podendo ser alguns deles intensionados pelo emissor (*utterer*). O interpretante efetivo (effectual) é uma especificação do interpretante dinâmico no que diz respeito à recepção efetiva do signo por uma mente (*intérprete*). O cominterpretante ou interpretante comunicacional, no entanto, não pode ser idêntico ao interpretante final, porque as partes de um diálogo que concordam não precisam ser as últimas palavras sobre o assunto em questão (JOHANSEN, 2002). Entende-se então, que, para o autor, o interpretante comunicacional faz parte da semiose, ou seja, uma ação sígnica que se realiza na formação de novas relações triádicas e potencialmente infinitas (PEIRCE, 1998).

Assim essa diferença entre interpretante final e comunicacional, pode ser um dos fatores que difere o segundo do terceiro princípio que norteiam a divisão do interpretante na teoria de Peirce.

Modelagem Matemática na Educação Matemática

Ao se trabalhar com a Modelagem Matemática, o professor assume um compromisso, que lhe exige dedicação, empenho e planejamento tanto no ensino quanto na aprendizagem dos estudantes. Deste modo, alguns elementos se fazem necessários para compor o ambiente de Modelagem. Tais elementos são encontrados em Almeida, Silva e Vertuan (2013), onde os autores ressaltam que uma atividade de Modelagem Matemática deve-se inicialmente partir de uma situação-problema, sendo esta apresentada pelo professor ou elencada pelos estudantes sobre algo que os interesse, pois “Modelagem Matemática é a arte de expressar por intermédio de linguagem matemática situações problemas de nosso meio” (BIENBENGUT; HEIN, 2005, p. 7), sendo *a priori* matemática ou não.

Ocorre então à investigação de um problema, em que conceitos matemáticos são introduzidos ou aplicados com o objetivo de definir uma solução para a situação inicial. Os

procedimentos da resolução não são conhecidos sendo de total competência dos envolvidos e por fim ocorre a análise da solução, onde se verifica se os cálculos estão apropriados para a situação (ALMEIDA; SILVA; VERTUAN, 2013). Vale ressaltar que a qualidade de um resultado/modelo³ em atividades de Modelagem Matemática, não deve ser julgada apenas pela correção da matemática feita de acordo com a situação matemática idealizada inicialmente, mas também pelo sucesso do confronto com a realidade no final (POLLAK, 2015).

Nesse sentido, a modelagem concebida como alternativa pedagógica “pode ser descrita em termos de uma situação inicial (problemática), de uma situação final desejada (que representa uma solução para a situação inicial) e de um conjunto de procedimentos e conceitos necessários para passar da situação inicial para a final” (ALMEIDA; VERTUAN, 2011, p. 21). Para os autores, esse conjunto de procedimentos pode ocorrer de acordo com os momentos de familiarização dos estudantes com atividade de Modelagem Matemática. Tais momentos podem ser classificados como: a) primeiro momento, b) segundo momento e c) terceiro momento (ALMEIDA; SILVA; VERTUAN, 2013).

Em um primeiro momento, o professor apresenta a situação-problema inicial e oferece subsídios necessários para a investigação do problema, tendo uma participação ativa em todas as etapas do desenvolvimento. Já em um segundo momento, o professor sugere uma situação inicial e os estudantes são responsáveis por todas as etapas de resolução, cabendo ao professor apenas orientar durante a transição pelas etapas. Por fim, em um terceiro momento, os estudantes são responsáveis tanto pela escolha da situação inicial quanto pela condução da atividade (ALMEIDA; SILVA; VERTUAN, 2013).

Nesse sentido, várias estratégias de resolução podem emergir, uma delas é por meio da experimentação, onde Carreira e Baioa (2011) sugerirem que o uso de experimentação em modelagem inclui conjecturas que podem oferecer ricas oportunidades para os alunos desenvolverem modelos e produzirem diferentes idéias. Para Suart e Marcondes (2009) a experimentação é entendida como um recurso pedagógico que contempla diversas habilidades e que pode proporcionar a articulação entre diferentes disciplinas. Para os autores, a experimentação pode contribuir para a busca e compreensão de novas

³ Entendemos modelo matemático como “um sistema conceitual, descritivo ou explicativo, expresso por meio de uma linguagem ou uma estrutura matemática e que tem por finalidade descrever ou explicar o comportamento de outro sistema, podendo mesmo permitir a realização de previsões sobre este outro sistema” (ALMEIDA; SILVA; VERTUAN, 2013, p. 13).

abordagens, podendo ainda proporcionar aos estudantes a capacidade de promover interações, propor hipóteses, testá-las e discuti-las, aprendendo sobre os fenômenos estudados e os conceitos que os explicam.

Dessa forma, entende-se que por meio da experimentação em atividades de Modelagem Matemática a articulação entre diferentes disciplinas nas diversas áreas do conhecimento pode vir a acontecer, promovendo o caráter interdisciplinar da Modelagem Matemática conforme destacam Almeida, Silva e Vertuan (2013) ao relacionarem a interdisciplinaridade como uma possibilidade de inclusão para atividades de Modelagem Matemática em sala de aula.

Tendo em vista que nossa proposta de pesquisa envolve atividades experimentais na disciplina de Química, ao elaborar esse projeto de pesquisa nos direcionamos pela Modelagem Matemática enquanto alternativa pedagógica. No entanto, vale ressaltar que durante a atividade de modelagem, podem surgir discussões de caráter interdisciplinar. Devido a essas diferentes modulações que atividades de modelagem podem assumir, acreditamos que a pesquisa possa vir a se enquadrar também na interdisciplinaridade.

INDICATIVOS METODOLÓGICOS

Este trabalho trata-se de um projeto piloto de uma pesquisa em início de desenvolvimento, no qual, buscamos refletir de forma crítica e reflexiva sobre atividades de Modelagem Matemática desenvolvidas no Ensino Médio na disciplina de Química. As análises são voltadas especificamente com o objetivo de evidenciar o papel dos diferentes signos interpretantes usados ou produzidos na comunicação em atividades de Modelagem Matemática com experimentação.

Considerando que o objetivo principal da pesquisa não se trata de algo quantificável, a abordagem metodológica é a qualitativa de cunho interpretativo, no qual “o ambiente natural é sua fonte direta de dados e o pesquisador é seu principal instrumento” (LÜDKE; ANDRÉ, 2013, p.12), e nessa metodologia o investigador interessa-se, acima de tudo, por tentar compreender o significado que os participantes atribuem às suas experiências (BOGDAN; BIKLEN, 1994).

Nesse sentido, nos pautamos em conceitos da Análise de Conteúdo para a organização e interpretação dos dados a serem coletados. Segundo Bardin (1977) ao

utilizar a Análise de Conteúdo, o pesquisador deve estar atento às transições entre fases de análise, sendo elas: a pré-análise, a exploração do material e o tratamento dos resultados.

A primeira fase refere-se à organização do material a ser analisado, tendo como objetivo torná-lo operacional sistematizando as ideias e conceitos iniciais. A segunda fase consiste na “descrição analítica, a qual diz respeito ao corpus (qualquer material textual coletado) submetido a um estudo aprofundado, orientado pelas hipóteses e referenciais teóricos” (BARDIN, 1977, p. 101). Ainda nesta fase a codificação, classificação e a categorização se fazem presentes. Por último, o tratamento dos resultados, que se refere ao momento da análise reflexiva e crítica do pesquisador, com base nos apontamentos teóricos pré-estabelecidos. É nesta fase também que o pesquisador aprofunda suas análises em busca dos objetivos propostos (BARDIN, 1977).

Para a seleção do corpus, serão desenvolvidas atividades de Modelagem Matemática com experimentação referente aos três momentos de familiarização conforme orientações de Almeida, Silva e Vertuan (2013). As atividades serão desenvolvidas na segunda série do Ensino Médio, na disciplina de Química (por se tratar da disciplina ministrada pelo pesquisador) em uma escola pública do campo situada no interior do Paraná.

Por meio das atividades experimentais serão encaminhados procedimentos com vistas ao aprendizado do conteúdo, e a se fazer uma interpretação matemática, ou seja, representar a situação a ser estudada por meio de um modelo matemático. Para a coleta de dados serão realizadas gravações audiovisuais das atividades desenvolvidas em sala de aula, além das produções escritas apresentadas pelos estudantes.

Na próxima seção apresentamos uma atividade de Modelagem Matemática com experimentação já desenvolvida, e trazemos algumas das análises que realizamos enquanto um ensaio sobre os interpretantes usados que se evidenciaram durante o processo de comunicação no desenvolvimento da atividade.

PESQUISA EM DESENVOLVIMENTO

Esta é uma pesquisa em início de desenvolvimento, cujos dados serão oriundos de atividades de Modelagem Matemática com experimentação. Apresentamos então, uma atividade desenvolvida durante 2 aulas na disciplina de Química, com 9 estudantes da 2ª

série do Ensino Médio, com idades entre 14 e 16 anos, de uma escola do campo situada no interior do Paraná.

A atividade buscou apresentar o conceito de condensação por meio da experimentação. Para isso, o professor solicitou aos estudantes a leitura de um texto retirado e adaptado do Manual do Conforto Térmico (FROTA; SCHIFER, 2001). O tema densidade emergiu por meio de uma discussão entre os estudantes sobre o “suor” de uma garrafa com água gelada.

O professor atento a essa situação e vendo que era um tema de interesse dos estudantes, optou por não comentar na hora, visto que a aula já estava por encerrar. Em outra aula, o professor retomou a discussão por meio da leitura do texto. Este ato do professor, pode se configurar como a asserção referida por Netto (2007) com base na Teoria da Comunicação de Peirce.

Após a leitura, o professor dirigiu algumas indagações aos estudantes, com o objetivo de promover uma inteiração sobre o tema a ser trabalhado e a definição de um problema segundo a temática em estudo. O problema que emergiu por meio da discussão do texto foi: qual a quantidade de água que conseguimos coletar por meio da condensação? E a determinação ponto de orvalho para o dia da experimentação. Para obter uma solução para o mesmo, professor e estudantes realizaram a coleta da água condensada. Os estudantes sugeriram estratégias para a coleta, bem como para a verificação do ponto de orvalho (temperatura em que o vapor de água contido no ar passa para o estado líquido iniciando a condensação).

Após o diálogo entre professor e estudantes, algumas análises foram possibilitadas, dentre as quais, foram possíveis evidenciar interpretantes intencionais (*Intentional Interpretant*) da mente do *utterer* (professor), por exemplo, quando propõe a leitura de um texto com um tema do interesse dos estudantes. Interpretantes efetivos (*effectual interpretant*), que é uma determinação da mente do intérprete (PEIRCE, 1998), e que foram evidenciados quando o intérprete observou a partir do objeto constituído por meio da leitura do texto, que a condensação depende do tempo em que a água gelada permanece no recipiente, o que contribuiu diretamente para a escolha do gelo para experimentação. Nesse contexto, também foi possível identificar a aprendizagem do estudante sobre o tema abordado.

O diálogo evidenciou ainda a “inteiração”, que se refere à primeira fase do desenvolvimento de uma atividade de Modelagem sugerida por Almeida Silva e Vertuan (2013), pois foi o primeiro contato dos estudantes com o tema a ser investigado e contribuiu de forma direta para o levantamento de hipóteses a partir do interpretante intencional (texto) e do objeto constituído pelos estudantes.

Em outra aula após a discussão, os estudantes divididos em grupos, iniciaram a experimentação para a coleta da água condensada e para evidenciar o ponto de orvalho.

Para coleta da água condensada, os estudantes sugeriram deixar um recipiente com gelo em repouso durante 2 horas e 40 minutos sobre um prato, no qual, foi pesado inicialmente vazio e posteriormente com a água coletada por meio da condensação, assim os estudantes conseguiram coletar 21 ml de água.

Nesta etapa foi possível destacar a “matematização” e “resolução”, segunda e terceira fases do desenvolvimento de atividades de modelagem conforme destacam Almeida, Silva e Vertuan (2013), pois os estudantes estabeleceram estratégias para determinar a quantidade de água que conseguiriam por meio da experimentação e para determinar o ponto de orvalho considerando as condições climáticas no momento do desenvolvimento da atividade conforme figura 2.

Figura 2: Estudantes verificando o ponto de orvalho



Fonte: arquivo do professor

Esta ação dos estudantes possibilitou a análise acerca do interpretante comunicacional (*Communicational Interpretant*), pois os procedimentos dos estudantes são resultados de uma comunicação estabelecida entre interpretantes intencionais e interpretantes efetivos, ou seja, “uma determinação daquela mente na qual as mentes do utterer e do intérprete têm de se fundir a fim de que qualquer comunicação possa ocorrer”

(PEIRCE, 1998, p. 478). Esta relação pode ser observada no esquema de Pietarinen (2003), onde as setas tracejadas se sobrepõem.

No que compete a “interpretação dos resultados” e na “validação”, os estudantes definiram um modelo, e a partir deste determinaram a quantidade de água que poderia ser captada, por meio da condensação de um recipiente 10 vezes maior que o do experimento inicial, considerando as mesmas condições climáticas do dia.

ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

O Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Matemática prevê além da pesquisa de dissertação, a elaboração de um produto educacional. O produto educacional ainda está a se decidir sobre sua configuração física, *a priori* irá conter um breve referencial teórico sobre Modelagem Matemática, algumas considerações a respeito da Semiótica Peirceana e as atividades de Modelagem Matemática com experimentações desenvolvidas no decorrer da pesquisa. O produto será destinado aos professores da Educação Básica que queiram trabalhar atividades de modelagem com seus estudantes.

Por fim, esse artigo apresentou uma pesquisa em fase de desenvolvimento, no qual, não se encontra engessada. Nesse sentido esperamos ter trazido elementos para fomentar reflexões acerca do referencial teórico, indicativos metodológicos, bem como o planejamento de atividades que visam a promoção do conhecimento da matemática aliada a outras áreas do conhecimento.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. M. W.; SILVA, K. P.; VERTUAN, R. E.. **Modelagem Matemática na Educação Básica**. São Paulo: Contexto, 2013.

ALMEIDA, L. M. W.; SILVA, K. A. P.. A Ação dos Signos e o Conhecimento dos Alunos em Atividades de Modelagem Matemática. **Bolema**. Rio Claro, v. 31, p. 202-219, 2017.

ALMEIDA, L. M. W.; VERTUAN, R. E.. Discussões sobre “como fazer” modelagem matemática na sala de aula. In: ALMEIDA, L. M. W.; ARAÚJO, J. L.; BISOGNIN, E. (Orgs.). **Práticas de modelagem matemática na educação matemática: relatos de experiências e propostas pedagógicas**. Londrina: Ed. da UEL, 2011. p. 19-43.

AMORIM, L. G. K. M.. **Interdisciplinaridade, modelagem matemática, tecnologias e escrita no ensino e aprendizagem de função do 1º grau**. 2016. 181 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG, 2016.

BOGDAN, R.; BIKLEN, S.. **Investigação qualitativa em educação**. Porto: Editora Porto, 1994.

BARDIN, L.. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977. Tradução de: Luiz Antero Reto e Augusto Pinheiro.

BIEMBENGUT, M. S.; HEIN, N.. **Modelagem Matemática no ensino**. 4. Ed. São Paulo: Contexto, 2005.

CARREIRA, S.; BAIOA, A. M.. Students' modelling routes in the context of object manipulation and experimentation in mathematics. In: KAISER G.; BLUM, W.; FERRI, R. B.; STILLMAN, G.. Trends in teaching and learning of mathematical modelling. **ICTMA 14**, (211-220), Netherlands: Springer, 2011.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R.. **Manual de conforto térmico: arquitetura, urbanismo**. 5. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2001.

JOHANSEN, J. D.. **Literary discourse: a semiotic-pragmatic approach to literature**. Toronto/Buffalo/London: University of Toronto Press. 2002.

LÜDKE, M; ANDRÉ, M. E. D. A.. **Pesquisa em Educação: Abordagens Qualitativas**. 2.ed. Rio de Janeiro: E.p.u., 2013

NETTO, J. T. C.. **Semiótica, informação e comunicação**. 7. Ed. São Paulo: Perspectiva, 2007.

PEIRCE, C. S.. **Semiótica**. São Paulo: Perspectiva, 2005. Tradução de: José Teixeira Coelho Neto.

_____. **The essential Peirce**. Peirce Edition Project, Bloomington, IN: Indiana University Press, 1998.

PIETARINEN, A.. Peirce's theory of communication and its contemporary relevance. In: NYÍRI, Kristóf. (Ed). **Mobile Learning**. Wien. Passagen, p. 81-98, 2003.

POLLAK, H. O.. The place of mathematical modelling in the system of mathematics education: perspective and prospect. In: STILLMAN, G. A.; BLUM, W.; BIEMBENGUT, M. S.. **Mathematical Modelling in Education Research and Practice: Cultural, Social and Cognitive Influences**. (265–275). New York: Springer, (2015).

ROCHA, R. A. R.; SILVA, K. A. P.. Matemática e cerâmica: uma Modelagem Matemática com auxílio do código QR na prática em sala de aula. In: VIII Encontro Paranaense de

Modelagem na Educação Matemática, 2018, Cascavel. Modelagem Matemática e a sala de aula. **Anais...** . Cascavel: 2018. v. 1. p. 1-15.

_____. Diferença de densidade: uma abordagem interdisciplinar com Modelagem Matemática. In: XIII Encontro Nacional de Educação Matemática, 2019, Cuiabá. Educação Matemática com as Escolas da Educação Básica: Interfaces entre pesquisas e salas de aula. **Anais...** . Cuiabá: 2019. v. 1. p. 1-15.

SANTAELLA, L.. **A teoria geral dos signos**: como as linguagens significam as coisas. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

_____. **Semiótica aplicada**. São Paulo, SP: Cengage Learning, 2018. 240 p.

SETTI, E. J. K.. **Modelagem matemática no curso técnico de informática integrado ao ensino médio**: um trabalho interdisciplinar. 2017. 194 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Ensino da Matemática, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2017.

SILVA, K. A. P.. **Modelagem Matemática e Semiótica**: algumas relações. Dissertação (Mestrado) – Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática. Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2008.

_____. **Uma interpretação semiótica de atividades de Modelagem Matemática**: implicações para a atribuição de significado. 292 pg. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina/PR, 2013.

SUART, R. C.; MARCONDES, M. E. R.. A manifestação de habilidades cognitivas em atividades experimentais investigativas no ensino médio de química. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 14, n. 1, p. 50-74, 2009.