

## Estímulos para o Processo de Aprendizagem: aproximação entre as pesquisas de Neurociências e as de Modelagem Matemática

## Stimulus for the Learning Process: approximation between Neurosciences and Mathematical Modeling researches

Francimar Gomes de Oliveira Júnior<sup>1</sup>

Claudia Carreira da Rosa<sup>2</sup>

### RESUMO

Neste artigo, realizamos uma pesquisa bibliográfica com o objetivo de compreender o processo de aprendizagem descrito pelas pesquisas das Neurociências e aproximá-lo com as características oriundas do desenvolvimento das atividades de Modelagem Matemática. Neste sentido, evidenciamos os estímulos (significado, motivação e atenção), processo de conservação (repetição, elaboração e consolidação) e as funções executivas envolvidas no processo de aprendizagem de informações segundo os trabalhos neurocientíficos e, então evidenciamos as características oriundas do desenvolvimento de atividades Modelagem Matemática de acordo com Barbosa (2001) e Almeida e Dias (2004). Na aproximação percebemos indícios que as ações necessárias para o desenvolvimento de atividades de Modelagem Matemática permeiam todo o processo de aprendizagem de acordo com o que defende as Neurociências.

**PALAVRAS-CHAVE:** Modelagem Matemática. Neurociências. Ensino. Aprendizagem.

### ABSTRACT

In this article, we did a bibliographic search with the objective of understanding the learning process described by the Neurosciences research and bringing it closer to the characteristics arising from the development of Mathematical Modeling activities. In this sense, we highlight the stimuli (meaning, motivation and attention), the conservation process (repetition, elaboration and consolidation) and the executive functions involved in the process of learning information according to neuroscientific works, and then we highlight the characteristics arising from the development of activities Mathematical

---

<sup>1</sup> Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. E-mail: [fgoliveirajunior@gmail.com](mailto:fgoliveirajunior@gmail.com). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7154-350X>.

<sup>2</sup> Doutora pelo Programa de Pós-Graduação em Educação para Ciência e a Matemática da Universidade Estadual de Maringá. Professora na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul/Campus de Ponta Porã. E-mail: [claudia.rosa@ufms.br](mailto:claudia.rosa@ufms.br). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7078-9655>.



Modeling according to Barbosa (2001) and Almeida and Dias (2004). In the approach, we perceived evidences that the actions necessary for the development of Mathematical Modeling activities permeate the entire learning process according to what the Neurosciences advocates.

**KEYWORDS:** Mathematical Modeling. Neurosciences. Teaching. Learning.

## Introdução

Um dos objetivos ao ensinar Matemática é que os alunos aprendam os conteúdos matemáticos e, para alcançar esse objetivo, existem diferentes metodologias e estratégias de ensino que podem ser utilizadas pelo professor para facilitar a aprendizagem, uma delas é a Modelagem Matemática. A Modelagem, como costumamos abreviar Modelagem Matemática, é uma estratégia de ensino que utiliza situações reais que possam gerar problemas e os alunos respondem a estes problemas utilizando procedimentos matemáticos.

Diferentes autores apontam relações teóricas entre a Modelagem e teorias de aprendizagem para evidenciar que ela pode ocorrer durante o desenvolvimento das atividades de Modelagem (BURAK, 1992; ROSA, 2013). Entretanto, como a aprendizagem ocorre no cérebro, nos direcionamos a investigar trabalhos e pesquisas que estudam o assunto, sendo esses oriundos da área das Neurociências<sup>3</sup>.

Neste sentido, o nosso objetivo se constitui em realizar uma aproximação entre o processo de aprendizagem segundo as pesquisas das Neurociências com o desenvolvimento das atividades de Modelagem Matemática<sup>4</sup>. Ressaltamos que essa aproximação foi realizada em nível teórico e, como a área das Neurociências é pouco debatida no âmbito da Educação Matemática, a exploramos de maneira mais enfática para subsidiar futuros trabalhos.

Para tanto, realizamos uma pesquisa bibliográfica de cunho qualitativo que permite o pesquisador se aproximar de trabalhos já realizados sobre determinado tema e os examinem sob novo enfoque ou abordagem para propiciar novos questionamentos e não como uma repetição do que já foi desenvolvido (MARCONI; LAKATOS, 2003, p.183). Desta maneira, podemos contribuir com os debates acerca da aprendizagem dos conteúdos matemáticos, por meio da Modelagem Matemática, com uma abordagem neurocientífica.

Devido a limitação da quantidade de páginas, segmentamos algumas seções deste artigo para explicar os estímulos descritos pelas Neurociências para facilitar

---

<sup>3</sup> Neste trabalho abordaremos Neurociências, termo no plural, por ser um entendimento conjunto de várias (sub)áreas neurocientíficas que se inter-relacionam.

<sup>4</sup> Esta pesquisa integra parcialmente a pesquisa de mestrado do primeiro autor.

na aprendizagem, são eles: significado, emoções e atenção. Em seguida, descrevemos o processo de aprendizagem segundo esta área, explanamos sobre as características oriundas do desenvolvimento de atividades de Modelagem Matemática no âmbito da Educação Matemática e realizamos aproximações.

Nos baseamos nos trabalhos de Alvarez e Lemos (2006); Bartoszeck (S/D); Bartoszeck e Bartoszeck (S/D); Carvalho (2010); Cosenza e Guerra (2011); Damásio (2000; 2012); Dias, Cruz e Fonseca (2008); Eslinger (2003); Fonseca (2016); Goleman (2012; 2014); Izquierdo (2011); Izquierdo, Myskiw, Benetti e Furini (2013); Roazzi, Dias, Silva, Santos e Roazzi (2011) sobre temas que permeiam as Neurociências (atenção, emoção, aprendizagem e funções executivas). Já os trabalhos de Modelagem Matemática nos baseamos nos textos: Almeida e Dias (2004); Araújo (2002); Barbosa (2001); Biembengut (2009); Burak (1992) e; Rosa (2013). Além disso, utilizamos a metodologia de pesquisa bibliográfica segundo Marconi e Lakatos (2003).

### **Conteúdo, vivência e significado**

Em geral, os indivíduos possuem suas próprias vivências e modos de pensar e, em sala de aula não é diferente, assim, mesmo que esses alunos sejam expostos a uma mesma explicação, guardarão os conhecimentos de forma diferente. Isso decorre porque cada conhecimento guardado será aproximado de outros com conteúdo similar que determinado indivíduo – neste caso, o aluno – vivenciou em suas experiências pessoais (BARTOSZECK; BARTOSZECK, S/D; COSENZA; GUERRA, 2011; IZQUIERDO, 2011).

Ao adquirirmos uma nova informação (re)construímos um conjunto de informações vivenciadas e isso modifica a nossa personalidade e/ou nossa forma de ser (IZQUIERDO, 2011, p. 11-12). Assim, percebemos que a aprendizagem de alguma informação é um processo no qual o aluno a adquire, a modifica e a conserva em seu cérebro com outras já existentes e que são próximas em relação ao conteúdo para, posteriormente, (re)utilizá-la.

Neste contexto, tanto Cosenza e Guerra (2011) quanto Izquierdo (2011) apontam que novos saberes poderão ser adquiridos/aprendidos com mais facilidade quando aproximados/relacionados com outros saberes já existentes. Os autores Cosenza e Guerra (2011) defendem que o conteúdo a ser ensinado precisa ser aproximado das vivências dos alunos para que esse saber seja significativo, isto é, tenha um porquê, um sentido para aprendê-lo. Desse modo, ao propormos a

aproximação de uma nova informação/conteúdo com outras existentes/vividas pelo aluno, aquela nova informação pode adquirir um significado. Podemos exemplificar essa afirmação com o símbolo do infinito ( $\infty$ ). Este símbolo representa matematicamente o infinito e podemos ensinar esse símbolo ao aluno como um “8 deitado”. Quando fazemos a relação do infinitivo com o “oito deitado” estamos relacionando a informação nova ( $\infty$ ) com conhecimentos que os alunos já viveram/conhecem (o 8 e a ação de deitar).

Contudo, é imprudente pensarmos que ao ensinarmos a Matemática ou outro conhecimento devemos nos limitar apenas a uma relação simplória entre o conteúdo a ser ensinado e os objetos, palavras ou ações que os alunos conheçam, pois existem outros estímulos que integram o processo de aprendizagem. Izquierdo (2011) afirma que as emoções também são importantes para auxiliar na permanência das informações guardadas; além de necessitarmos atenção durante o nosso processo de aprendizagem para que a informação comece a ser armazenada (COSENZA; GUERRA, 2011). Sendo assim, necessitamos compreender esses outros dois estímulos do processo de aprendizagem: a atenção e as emoções.

### **O filtro da atenção**

Estamos sendo estimulados por vários caminhos sensoriais – tato, visão, paladar, olfato e audição –, mas ao nos concentrarmos em um caminho enquanto ignoramos os demais estímulos, estamos praticando a nossa atenção. Ou seja, a atenção é o ato de se concentrar em determinado estímulo em detrimento de outros (GONÇALVES, MELO, 2009; COSENZA; GUERRA, 2011).

A atenção pode ser diferenciada em atenção primária/reflexa e em atenção secundária/voluntária. Na atenção primária, a mediação é realizada pelos nossos instintos que determinam qual estímulo que devemos nos concentrar, isso ocorre geralmente quando estamos em perigo, quando o nosso cérebro é “capturado” pelas emoções e elas nos direcionam ao que devemos prestar atenção (GONCALVES, MELO, 2009; COSENZA; GUERRA, 2011; GOLEMAN, 2014). Um exemplo seria pensarmos em um lugar silencioso ou em uma sala de aula e, de repente, escutássemos um barulho de algo caindo no chão. Esta situação causaria “medo” ou “curiosidade” e, provavelmente, nos direcionaria a olhar no sentido da origem do som para identificar o problema.

Já na atenção voluntária nos concentramos em determinados estímulos por “nossa vontade” (GONÇALVES, MELO, 2009; COSENZA; GUERRA, 2011) e temos

três tipos dessa atenção: sustentada, dividida e seletiva. Para explicar essas três atenções, vamos supor contextos em sala de aula.

A atenção voluntária sustentada é quando direcionamos a nossa concentração por um longo tempo em um determinado estímulo (GONÇALVES, MELO, 2009). Por exemplo, quando estamos com nossa atenção nas aulas de Matemática, direcionando o foco apenas no professor, sem que percebamos outro barulho. Outra situação acontece quando os alunos prestam atenção ora na aula ora na conversa dos colegas ao lado, podemos classificar essa atenção em voluntária dividida, pois dividimos a nossa atenção para vários estímulos (*ibidem*). Em relação à atenção voluntária seletiva é quando selecionamos apenas um estímulo em meio a vários outros (*ibidem*) e pode estar presente quando alguns alunos conversando entre si enquanto outros estão direcionando o foco na explicação do professor, assim, tanto os alunos conversando entre eles quanto aqueles que estão atenciosos na explicação estão mobilizando uma atenção voluntária classificada como seletiva.

É importante salientarmos que a atenção voluntária sustentada e a atenção voluntária seletiva não são semelhantes: na primeira conseguimos ignorar/minimizar um dos estímulos por completo, porém na terceira ambos os estímulos estão presentes, mas nos concentramos em apenas um.

Ao direcionarmos a atenção para algum estímulo, estamos selecionando a ação que queremos realizar: se os alunos preferem direcionar a sua atenção para a conversa entre eles em vez da explicação do professor, o farão; o contrário é verdadeiro também, se preferem ignorar a conversa em favor da explicação, terão possibilidade de maior compreensão do conteúdo explicado. Isto é, focaremos nossa atenção naquilo que nos interessa naquele momento (COSENZA; GUERRA, 2011).

Entretanto, o simples fato de prestar a atenção no professor não garante que os alunos aprendam, já que essa ação é apenas o direcionamento de qual estímulo o aluno se fixará, enquanto a aprendizagem é um processo de elaboração e conservação de relação (ões) entre o conteúdo a ser aprendido com o que já se aprendeu/sabe, conforme aponta Carvalho (2010, p. 539). Sendo assim, apenas a atenção não garante a aprendizagem, mas é o ponto inicial para que ela ocorra.

Segundo Cosenza e Guerra (2011, p. 47-48) a atenção é um processo que nosso cérebro desenvolveu para aprendermos conhecimentos relevantes, neste contexto, retomamos na relação entre os conhecimentos a serem ensinados com as vivências dos alunos para que eles possuam um significado (COSENZA; GUERRA, 2011, p. 48).

Além disso, é importante salientarmos que existem dois fatores que perturbam a atenção e independem das práticas dos professores, o primeiro deles é o nível de vigília. O nível de vigília corresponde ao nosso descanso, isto é, ao termos uma noite bem dormida teremos um bom nível de vigília, enquanto uma noite mal dormida prejudica o funcionamento tanto da atenção quanto da aprendizagem (COSENZA; GUERRA, 2011; IZQUIERDO, 2011; GOLEMAN, 2014). Sendo assim, se um aluno não tiver dormido bem, não adianta o professor elaborar boas aulas que “captem” a atenção dele, porque dificilmente funcionará.

O segundo fator que influencia na atenção são as emoções, pois mesmo atenciosos com alguma ação, nossas emoções e motivações nos distraem e nem percebemos, aliás, nem percebemos que não percebemos (GOLEMAN, 2014; FONSECA, 2016). Portanto, se um aluno está eufórico/triste devido a algo que aconteceu antes da aula, dificilmente prestará atenção nela por estar focado na situação que gerou aquela emoção.

Neste sentido, em algumas ocasiões somos dominados por (fortes) emoções fazendo com que elas guiem a nossa atenção, a fixando no que é mais perturbador e fazendo-a com que nos esqueçamos do resto (GOLEMAN, 2012). Podemos lembrar o exemplo do barulho em sala de aula que nos fez procurarmos a origem do som, dependendo do ruído podemos pensar que foi um caderno ou uma mesa, assim, fica evidente a necessidade de compreendermos um pouco sobre a emoção.

### **Emoções, prazer e motivação**

As emoções são fáceis de exemplificarmos, mas tentar defini-las é um processo complexo, já que não existe uma única definição que abrange todos os estudos já realizados sobre ela (DIAS; CRUZ; FONSECA, 2008; COSENZA; GUERRA, 2011; ROAZZI *et al.*, 2011). Mesmo não havendo uma definição para as emoções, sabemos que elas assinalam para algo importante ou significativo para um determinado momento de uma pessoa (COSENZA; GUERRA, 2011; IZQUIERDO, 2011).

O falecimento de um ente querido ou o ingresso/formatura de uma pessoa no Ensino Superior ou a 1ª vez que recebemos um salário, são algumas situações que podem estar carregadas de emoções e possuem significado naquele determinado momento. As emoções funcionam como um sinalizador de que algo está acontecendo com os indivíduos, pois conseguimos identificar as emoções uns dos

outros e, com isso, adaptarmos nossas comunicações e decisões (COSENZA; GUERRA, 2011, p. 75).

Por exemplo, se tivermos um aluno triste em sala de aula, não chegaremos (possivelmente) com uma abordagem grosseira perguntando o que aconteceu. Talvez o chamemos para conversar em particular ou nos direcionaremos a mesa dele para questionar se está tudo bem e, caso não se abra, talvez possamos deixá-lo quieto em seu lugar evitando que outros alunos o perturbem.

Essa abordagem nessa situação é uma possibilidade de intervenção e cada professor/indivíduo pode se aproximar do aluno triste da forma que julgue melhor, podendo até não se aproximar. As nossas decisões/abordagens dependem das consequências emocionais, prazerosas ou não, que podem ser geradas a partir delas e, tais consequências emocionais, são baseadas nas experiências já vividas (DAMÁSIO, 2000), logo, a abordagem do professor dependerá das consequências (prazerosas ou não) de suas outras intervenções.

Neste contexto, nossas decisões “racional” são, na verdade, baseadas em nossas experiências vivenciadas que nos retornaram prazer ou não (COSENZA; GUERRA, 2011; DAMÁSIO, 2012; GOLEMAN, 2014; FONSECA, 2016). No caso do aluno triste, pensarmos qual é a postura que pode retornar uma melhor satisfação, segurança ou alegria a ele [o aluno]. Uma outra situação que podemos considerar como outro exemplo é uma suposição de Damásio (2012, p. 160-165) em que descreve uma situação hipotética de sermos um empresário e estarmos diante de uma decisão potencialmente lucrativa se firmamos um contrato com o “arqui-inimigo” de nosso melhor amigo, assim, o autor evidencia duas visões de escolhas: 1) totalmente racional levando em consideração apenas os custos/benefícios, considerando possíveis consequências negativas em suas relações pessoais e; 2) que minimiza as suas escolhas ao ignorar aquelas que nos direcionam a ações negativas de cunho pessoal.

Com isso, percebemos que nossas vivências estão entrelaçadas com emoções, o que denota certa relevância delas em nossa aprendizagem. Os autores Alvarez e Lemos (2006), Cosenza e Guerra (2011), Izquierdo (2011) e Fonseca (2016) afirmam que as emoções possuem papel na aprendizagem e, conseqüentemente, são importantes para nossa vida. Além disso, tanto Izquierdo (2011) quanto Fonseca (2016) afirmam que nossas aprendizagens são melhores consolidadas quando passamos por experiências com emoções fortes, sejam elas positivas ou negativas.

Neste sentido, percebemos a associação de um determinado estímulo com uma resposta prazerosa ou não. Essa associação entre estímulo e resposta é denominada de memória (aprendizagem) associativa (IZQUIERDO, 2011). Em sala de aula, particularmente nas aulas de Matemática, quando o professor faz uma pergunta e um aluno responde errado, o professor pode tanto potencializar a tentativa do aluno (dando um retorno prazeroso a ele) quanto frustrar essa tentativa (dando um retorno negativo).

Neste caso em particular, o aluno pode associar a ação dele (resposta) com uma emoção positiva ou negativa, dependendo de como for a (re)ação do professor frente a sua resposta. Caso o professor propicie uma emoção positiva, podemos esperar que talvez esse aluno participe/tente mais do que se fosse propiciado uma emoção negativa. Portanto, caso o professor mobilize emoções negativas (como medo e frustração), pode perturbar a aprendizagem dos alunos (COSENZA; GUERRA, 2011; FONSECA, 2016).

Em decorrência disso, notamos que o desenvolvimento do mecanismo de estímulo-resposta, desencadeia comportamentos e associações que nos regulam e, dependendo da emoção que o estímulo desencadear, poderemos repetir ou suprimir nossas ações. Damásio (2000) relaciona essa repetição ou supressão de ações com o prazer e a dor, respectivamente.

O autor ainda afirma que a dor pode estar vinculada com emoções negativas, enquanto o prazer com emoções positivas, contudo, a dor e o prazer não são emoções e reitera que “[...] dor e prazer são parte de duas genealogias diferentes da regulação da vida” (DAMÁSIO, 2000, p. 108). Ele ainda complementa alegando que “A dor vincula-se a punição e a comportamentos como o de retirada ou paralisação. O prazer, por outro lado, vincula-se a recompensa e a comportamentos como o de busca e aproximação” (*ibidem*, p. 108) e conclui afirmando que a punição nos leva a retrairmos, paralisarmos, afastamos daquele meio que nos ocasionou aquele estímulo, enquanto a recompensa nos proporciona uma descontração, nos torna receptivos, nos aproxima do meio e o buscamos (*ibidem*).

Um exemplo de mobilização de emoções negativas e suas consequências em sala de aula é o famoso “branco” na hora de lembrar do conteúdo estudado, isso decorre porque o aluno fica muito estressado durante a prova (IZQUIERDO, 2011), ou ainda, se o aluno é “[...] submetido a um nível alto de ansiedade depois de uma aula, pode esquecer aquilo que aprendeu” (*ibidem*, p. 87).

Em contraposição as emoções negativas, o aspecto positivo das emoções favorece no envolvimento do indivíduo, no caso o aluno, na resolução da atividade, desafio ou situação, pois as competências e habilidades dos alunos - tomada de decisão, planejamento, elaboração e execução de metas – operam de forma integrada (FONSECA, 2016).

Um exemplo na área da Matemática é a criação de números em que os contadores tiveram a necessidade de aperfeiçoar a quantificação de determinada propriedade (cerveja, gado, pão entre outros), saindo da representação concreta (blocos de argila) para uma representação simbólica (os primeiros números) (STEWART, 2014). Essa transformação da representação concreta para simbólica não foi direta, os contadores elaboraram outras formas de facilitar na contagem da propriedade até chegarem na simbologia, precisando (re)elaborar e desenvolver metas para alcançarem a praticidade da contagem.

Outro exemplo é quando temos fome, nessa situação estamos ou ficamos motivados a executar um determinado comportamento para comer para satisfazer essa nossa necessidade. Ao sentirmos fomes novamente, sentiremos motivados a repetirmos as ações que realizamos anteriormente para nos saciarmos novamente, portanto, o que nos leva a fazermos determinadas ações são as motivações que satisfaçam as nossas necessidades.

Em ambos os exemplos, tivemos situações-problemas em que foram necessárias elaborações e execuções de metas para alcançar determinado objetivo. Essa elaboração e execução de metas para alcançar um objetivo são partes integrantes do que Eslinger (2003) e Cosenza e Guerra (2011) compreendem como funções executivas e que nos aprofundaremos posteriormente. Além disso, o estado de prazer pode estar presente desde o início do processo de busca de algum objeto/objetivo, podendo aumentar o prazer quando esse objeto/objetivo é alcançado (DAMÁSIO, 2000, p. 107). Fonseca (2016) denota essa excitação, esse prazer, esse entusiasmo, essa empolgação em alcançar o objetivo como motivação.

Conseqüentemente, notamos que dada uma atividade (seja situação-problema, seja desafios), uma forma de motivar os alunos a aprender determinado conhecimento matemático possa ser por meio de situações-problemas que permeiam a vivência, a realidade dos alunos. Desta maneira, o estímulo da relação do conteúdo com a vivência, a realidade dos alunos para facilitar a aprendizagem do conhecimento, pode ser aprimorada com a questão emocional: a motivação, podendo essa ser desencadeada a partir de situações-problemas.

Sendo assim, ao se planejar aulas com a mobilização de emoções, o professor precisa estar ciente de que as emoções positivas podem potencializar a aprendizagem dos conteúdos a serem ensinados, enquanto o oposto, isto é, as emoções negativas podem perturbar a aprendizagem. Então, precisamos criar um ambiente em sala de aula em que os alunos se sintam motivados a aprender sem que tenham medo de expor suas ideias ou fiquem estressados/ansiosos durante o seu processo de aprendizagem.

É importante destacarmos que se estivermos estressados ou distraídos ou se sobrecarregamos a atenção, pode causar certa dificuldade em nos concentrarmos em algo (GOLEMAN, 2012). Então, é recomendado que as atividades não sejam cansativas, isto é, não se estendam a um tempo elevado para não desmotivar os alunos na sua realização ao ficarem desatentos, também é recomendado descansar após um período de estudos.

Com isso, retornamos no debate da atenção naquilo que realizamos, para estarmos mais propensos a termos uma aprendizagem. Desse modo, salientamos a importância de considerar as emoções positivas no processo de ensino e aprendizagem já que ela pode influenciar diretamente na aprendizagem conseguindo a atenção do aluno e facilitando na consolidação de informações (COSENZA; GUERRA, 2011; FONSECA, 2016).

Portanto, evidenciarmos os prós e os contras das emoções na aprendizagem é de suma importância já que, como professores, poderemos potencializar a aprendizagem dos alunos: seja os acalmando depois de uma prova estressante ou inibindo situações que possam frustrá-los (minimizando as emoções negativas) em nossas aulas; seja motivando-os a aprender determinado conteúdo relacionado com as vivências deles para que tenha significado e que chame a atenção podendo maximizar emoções positivas e potencializar (n)o processo de aprendizagem.

### **Processo de aprendizagem**

Quando falamos no processo de aprendizagem precisamos considerar as vivências dos alunos e, de alguma forma, chamar atenção para os conteúdos a serem aprendidos (COSENZA; GUERRA, 2011). Ao mobilizarmos a motivação enquanto aprendem tais conteúdos, podemos atrair (mais) a atenção dos alunos e, conseqüentemente, facilitar a aprendizagem (GOLEMAN, 2012; FONSECA, 2016). A atenção é importante porque funciona como um filtro de estímulos e, se nosso estímulo passar por esse filtro, conseguiremos iniciar a aprendizagem (COSENZA; GUERRA, 2011).



assim como o aprender informações é um processo importante para nós, seres humanos, o esquecimento também é (COSENZA; GUERRA, 2011; IZQUIERDO, 2011).

Tanto Cosenza e Guerra (2011) quanto Izquierdo (2011) afirmam que se não utilizarmos uma informação então ela poderá ser “eliminada” do nosso cérebro por “não ser útil”. Neste contexto, os autores Cosenza e Guerra (2011) sugerem que as informações sejam conservadas a partir de três processos: a repetição, a elaboração de associação(ões) e a consolidação daquela informação a ser aprendida e, para exemplificar, trazem a seguinte situação:

Imaginemos alguém que conheça apenas um gato de cor parda e que se depare com um gato branco. Essa informação vai se associar ao registro [conhecimento] já existente, em relação ao gato, acrescentando algo de novo, a cor branca. O novo conhecimento pode durar algum tempo, mas, como já vimos, se nunca mais se repetir, tem grande chance de se dissipar da lembrança. Suponha que a visão do gato branco estimula a curiosidade dessa pessoa, que vai buscar novas informações, conversando com outros, lendo sobre o assunto, pesquisando na internet, etc. Essas atividades trarão repetidamente os conhecimentos ou registros já existentes no cérebro [...] permitindo que outras informações se incorporem ao conjunto: gatos podem ter outras cores, raças e tamanhos; ou são carnívoros, gostam de peixe, têm bom equilíbrio, evitam água, etc. Todas as novas informações estão agora ligadas em uma rede de informações no cérebro, relacionada com o conceito “gato”. (COSENZA; GUERRA, p. 62).

Neste sentido, percebemos que a ação repetir está sendo colocada como uma reutilização de informação (neste caso, gato) e que já está sendo associada com outros (novos) conhecimentos relacionados (como outras cores, ações e comportamentos do gato) para, posteriormente, serem consolidadas como conhecimentos pertencentes ao conceito “gato”. Isto é, para conservarmos uma informação devemos utilizá-las (repetição), propor associações com outras informações (já aprendidas ou não) (elaboração de associações) e, então, esse conjunto de associações será consolidado.

Assim, a repetição citada por Cosenza e Guerra (2011) não está relacionada com a repetição exaustiva de uma determinada situação, ou seja, não estamos nos referindo a realização de um mesmo procedimento em situações semelhantes várias vezes, mas sim no sentido de reutilizar conceitos e/ou informações já usadas/aprendidas em algum momento. Neste sentido, podemos observar que a aprendizagem é um processo de construção/associação de informações, diferentemente de um depósito de conhecimento estanque em que você passa as

informações de um lado para o outro, no caso, da escola, do quadro para o cérebro do aluno.

Além disso, é importante ressaltarmos que, mesmo não encontrando uma relação direta entre a consolidação de informações e o sono, sabemos que a ausência dele prejudica a formação/consolidação das informações novas (IZQUIERDO *et al.*, 2013). Isso implica que o sono pode desempenhar um papel essencial na aprendizagem (COSENZA; GUERRA, 2011; IZQUIERDO, 2011), o que nos permite evidenciar outro fator que pode influenciar no processo de aprendizagem e que não permeia a sala de aula<sup>5</sup>.

E, ainda, para analisar se houve a consolidação das informações pelo aluno, necessitamos que ele interaja com o meio para verificarmos a aprendizagem de fato – esse processo de interagir é denominado de evocação/lembrança da informação – (COSENZA; GUERRA, 2011; IZQUIERDO, 2011). Recorrendo ao exemplo anterior onde uma pessoa conhecia apenas um gato pardo, só saberemos se ela aprendeu outras informações relacionadas aos gatos, quando ela externalizar o que lembra.

Na escola, para verificar a consolidação das informações dos alunos, os professores (de matemática) utilizam provas e/ou exercícios com o intuito de validar a aprendizagem dos alunos, mas outras formas de avaliação podem ser utilizadas. Todavia, não entraremos nesse debate de formas diferenciadas de avaliação por não ser o objetivo do artigo.

Nos afastando, de como avaliar a aprendizagem e retornando ao debate de promover atividades que proporcionem o processo de conservação de informações - a repetição, a elaboração de associações e a consolidação de novas informações -, mais especificamente ao exemplo de Cosenza e Guerra (2011) sobre a utilização desse processo, percebemos que a pessoa que imaginamos que conhecia apenas um gato de cor parda, ao se deparar com um novo gato se motivou a conhecer mais sobre esse animal e iniciou uma pesquisa e, podemos supor que todas as informações encontradas estavam no mesmo *site*, essa pessoa necessitou estipular algum objetivo genérico como, por exemplo, conhecer mais sobre gatos.

Neste contexto, admitindo que mesmo tendo um objetivo genérico, a pessoa que imaginamos pode ter estipulado outros objetivos para conseguir alcançá-lo como: saber o que comem ou seus hábitos ou estipular um limite para a sua

---

<sup>5</sup> Outro fator extraclasse que influencia na aprendizagem que não permeia a sala de aula e/ou a prática do professor é a alimentação, mas não abordaremos neste artigo devido à restrição de espaço.

pesquisa. Aliás, pode até ter estipulado uma limitação para aprender mais sobre os gatos. E, ao estabelecer e executar metas, estamos nos deparando com funções executivas.

As funções executivas são “[...] um conjunto de habilidades e capacidades que nos permitem executar ações necessárias para atingir um objetivo” (COSENZA; GUERRA, 2011, p. 87) que “[...] incluem a identificação de metas, o planejamento de comportamentos e sua execução, além de monitoramento do próprio desempenho, até que o objetivo seja consumado” (*ibidem*, p. 87). Os autores Bartoszeck (S/D), Cosenza e Guerra (2011) e Fonseca (2016) propõem que os professores utilizem estratégias de ensino que propiciem o uso de funções executivas, isto é, formas de ensinar que estimulem os alunos a planejarem, a elaborarem e a executarem metas para alcançarem um determinado objetivo.

Essas funções executivas “[...] devem estar voltadas para que os estudantes aprendam a planejar suas atividades, decompondo-as em subtarefas que possam ser desenvolvidas, sendo capazes de estabelecer metas dentro de uma perspectiva temporal” (COSENZA; GUERRA, 2011, p. 94). E, ainda, os autores Cosenza e Guerra (2011, p. 94) descrevem atividades que estimulam as funções executivas nos alunos são aquelas que propõem ou permitem eles a identificar questões relevantes, a organizar informações, a fazer validações e generalizações, a debater ideias e realizar conclusões, a identificar erros e ausência de lógica para se corrigirem, sendo o professor um auxiliador nesse processo e adaptando a proposta com a idade dos alunos.

Neste sentido, no contexto de ensino de Matemática, consideramos que os professores utilizem estratégias de ensino que desenvolvam atividades que estimulem as funções executivas - isto é, o planejamento, a elaboração, a organização e a execução de metas -, assim como, utilizem também os estímulos para que a aprendizagem (de forma a relacionar os conteúdos, neste caso os matemáticos, com as vivências dos alunos para motivá-los e “chamar” a atenção deles para resolver/aprender aquelas atividades) seja iniciada nessas atividades.

Conseqüentemente, quando o professor promove tais estímulos e as funções executivas em sala de aula, ele modifica o ambiente em que acontece a aprendizagem e começa a trabalhar em conjunto com seu aluno de forma investigativa. Com isso, o professor adquire um papel de orientador nas investigações dos alunos e eles, os alunos, assumem um papel mais ativo no processo de aprendizagem. Esse papel ativo se dá quando os mesmos participam

das investigações de forma efetiva, existe uma interação com os demais alunos, com o professor e/ou com o objeto de investigação.

Com os alunos envolvidos na investigação que relaciona o conteúdo e a realidade, motivados a responderem à questão investigada e ativos no processo de aprendizagem é possível se ter um ambiente (de ensino e de aprendizagem) estimulante e agradável tanto ao aluno quanto ao professor.

Neste sentido, dada uma determinada investigação neste ambiente agradável e estimulante, cada aluno elaborará sua trajetória para respondê-la, contudo, os desenvolvimentos das funções executivas serão distintos já que cada aluno elaborará metas condizentes com as suas vivências (COSENZA; GUERRA, 2011).

Podemos exemplificar com uma situação-problema desenvolvida por Oliveira Júnior, Arcamendia e Rosa (2017) em que os alunos deveriam encontrar o volume da caixa d'água da escola. Seria uma situação-problema simples se a altura do objeto estivesse próxima ao chão. Cada grupo de aluno elaborou sua estratégia – e até o professor regente se motivou a descobrir a altura da caixa d'água –, teve grupo que pensou em subir na construção e medir com barbante, outro grupo que contou a quantidade de blocos de concreto e multiplicou com a altura desses blocos, já o professor pensou em utilizar relações trigonométricas (OLIVEIRA JÚNIOR; ARCAMENDIA; ROSA, 2017), isto é, as estratégias vieram das vivências dos envolvidos.

Neste caso, apesar da resposta para questão investigada ser única, alguns grupos encontraram respostas aproximadas, visto que as estratégias utilizadas para encontrar a altura da caixa d'água foram diferentes. Nesta situação-problema, os alunos tinham que encontrar o volume da caixa d'água da escola (informação nova) e criaram metas (*elaboração de associação*) para solucionar o problema com informações já aprendidas (*repetição*) (como calcular o volume, operações matemáticas anteriores, conhecimento de ferramentas que podem auxiliar a encontrarem a altura da caixa d'água entre outros) para alcançarem o objetivo de resolverem a atividade (*funções executivas*). E, uma possibilidade para verificar se houve a consolidação das informações, poderia ter sido a solicitação aos alunos que elaborassem um relatório sobre a atividade alguns dias depois do término da mesma. Assim seria possível a verificação de indícios de que houve aprendizagem da nova informação.

Então, percebemos que utilizar atividades que propiciem uma investigação em torno da realidade mobilizam os estímulos que permeiam o processo de

aprendizagem, isto é, mobilizam o significado do conteúdo (conteúdo relacionado com a vivência dos alunos), os motivam e captam a atenção ao aprender e, conseqüentemente, possibilita o processo de conservação de aprendizagem – repetição, elaboração e consolidação de (novas) informações – e o processo de aprendizagem com as funções executivas.

E, no âmbito da Educação Matemática, ensinar a Matemática por meio da realidade utilizando atividades de investigação são características de diferentes metodologias e estratégias de ensino como a Resolução de Problemas, a História da Matemática e a Modelagem Matemática, por exemplo. Neste trabalho, analisamos as aproximações entre Modelagem Matemática e os estímulos do processo de aprendizagem defendidos pelas Neurociências.

### **Modelagem Matemática: algumas considerações**

A Modelagem Matemática é uma estratégia de ensino que possui diferentes concepções para seu desenvolvimento em sala de aula que, em geral, utiliza uma situação real que pode gerar um problema (situação-problema) para ser resolvido com auxílio da Matemática. Essa situação-problema pode ser derivada, por exemplo, de fenômenos presentes no cotidiano (BURAK, 1992), de outras áreas do conhecimento (BARBOSA, 2001), de um problema não-matemático da realidade (ARAÚJO, 2002), de uma situação não-essencialmente matemática (ALMEIDA; BRITO, 2005) ou de problemas da realidade (BASSANEZI, 2011), isto é, a Modelagem defende a utilização de uma situação real que se possa indagar ou investigar usando procedimentos matemáticos ou não.

Essa situação-problema derivada de uma situação real, é apontada como um fator motivacional para o desenvolvimento da atividade de Modelagem (ALMEIDA; BRITO, 2005; ARAÚJO, 2002; BARBOSA, 2001; BIEMBENGUT, 2009; BURAK, 1992; ROSA, 2013). Além disso, ela pode ser criada tanto pelo professor quanto pelo aluno (ALMEIDA; DIAS, 2004; BARBOSA, 2001), mas os alunos devem resolvê-la utilizando conceitos matemáticos (conteúdos, lógicas entre outros). Nessa resolução, pode ser construído um modelo matemático que, segundo Bassanezzi, é compreendido como “um construto matemático abstrato, simplificado que representa uma parte da realidade com um objeto particular” (2011 p. 20). E esse modelo matemático é validado frente ao contexto da situação-problema.

Aliás, ressaltamos que “pequenas sutilezas fazem com que as definições de Modelagem adotadas por diferentes pesquisadores apresentam aspectos

diferenciados [de desenvolvimento]” (MEYER; CALDEIRA; MALHEIRO, 2011, p. 79 *apud* SOUZA; LARA; RAMOS, 2014, p. 254). Para evidenciarmos essas sutilezas, apresentamos duas concepções que se assemelham em compreensões, mas se diferenciam no desenvolvimento, a de Barbosa (2001) e a de Almeida e Dias (2004)<sup>6</sup>.

Para Barbosa (2001) a Modelagem Matemática é um ambiente de aprendizagem que convida o aluno a resolver problemas de outras áreas do conhecimento por meio da Matemática. Nessa concepção, o aluno pode ou não desenvolver a atividade advinda necessariamente de outra área do conhecimento além da Matemática (BARBOSA, 2001).

Já para Almeida e Dias (2004) a Modelagem é uma alternativa pedagógica que estuda a Matemática acerca de um problema não essencialmente matemático. Nessa concepção, a atividade pode ser/estar relacionada com a Matemática e o aluno necessita desenvolver a atividade (ALMEIDA; DIAS, 2004).

Na concepção de Barbosa (2001) as atividades de Modelagem Matemática são resolvidas por meio de indagações durante a sua investigação, isto é, a resolução é feita por meio da busca, seleção, organização e manipulação de informações” (p. 7). O autor ainda complementa que não é possível conhecermos os procedimentos que serão utilizados na atividade, pois o seu desenvolvimento acontece a partir das indagações dos alunos para obterem informações e, se eles não conseguirem indagar, a atividade não avança (*ibidem*). Aliás, Barbosa afirma que os alunos podem resolver a situação-problema sem, necessariamente, construir um modelo matemático (*ibidem*, p. 6).

Diferentemente da concepção de Almeida e Dias (2004), em que as autoras afirmam que as atividades de Modelagem devem propor a dedução, a análise e a utilização de um modelo matemático. As autoras afirmam ainda que esse modelo matemático deve ser advindo de uma formulação de hipóteses e da investigação do problema (ALMEIDA; DIAS, 2004). Para compreender o desenvolvimento proposto, as autoras (*ibidem*, p. 12) descrevem uma atividade em que os alunos: selecionaram variáveis, as relacionaram, debateram entre os membros para analisarem essa relação para, validar o modelo.

---

<sup>6</sup> Utilizaremos apenas duas concepções para não nos alongarmos e realizarmos um estudo da arte de Modelagem Matemática e, essas duas concepções, foram escolhidas por serem as mais recorrentes em pesquisas na Educação Matemática utilizando Modelagem no CNMEM de 2017, segundo Carvalho e Nicot (2019).

Assim, percebemos que devido as atividades de Modelagem Matemática necessitarem que o aluno encontre uma resposta para a resolução de determinada situação-problema que geralmente não constam no enunciado ou no contexto da problemática, podemos considerar que os alunos necessitam criar pequenas metas e testá-las, utilizar (ou criar, dependendo do conhecimento matemático) procedimentos (matemáticos), verificar erros até validarem uma resposta ou um modelo matemático.

Além disso, ambas concepções de Modelagem Matemática, a de Barbosa (2001) e a de Almeida e Dias (2004), compreendem três modos de desenvolver as atividades de Modelagem. Barbosa classifica esses modos como três casos, enquanto Almeida e Dias consideram como três momentos. Tanto os casos quanto os momentos são semelhantes devido a responsabilidade do aluno aumentar de forma gradativa e o professor possuir uma postura de mediador/orientador. Isso permite as atividades de Modelagem Matemática sejam planejadas e adaptadas para os diferentes níveis de ensino (ALMEIDA; DIAS, 2004).

Nos casos de Barbosa (2001), o autor considera quatro procedimentos gerais que integram a resolução da atividade de Modelagem Matemática: 1) elaboração da situação-problema; 2) simplificação do problema; 3) coleta de dados e; 4) resolução. No caso 1, o professor é responsável pelos três primeiros procedimentos, isto é, elaborar e simplificar a situação-problema junto com a coleta de dados necessários para resolver a atividade, sendo os alunos responsáveis pela resolução (*ibidem*); no caso 2, o professor é responsável pelo primeiro processo (elaboração da situação-problema), cabendo aos alunos os demais três procedimentos (*ibidem*); já no caso 3, os alunos são responsáveis por todos os procedimentos. E, em todos os casos, o professor auxilia os alunos nas etapas em que eles são responsáveis (*ibidem*).

Já nos momentos de Almeida e Dias (2004), as autoras consideram quatro procedimentos para resolução de uma atividade de Modelagem Matemática: 1) elaboração de uma situação-problema; 2) a dedução; 3) a análise e; 4) a utilização de um modelo matemático. No 1º momento, o professor estabelece e apresenta uma situação-problema e realiza os demais procedimentos (dedução, análise e utilização de um modelo matemático) junto com os alunos, como a formulação de hipóteses e a validação do modelo encontrado (*ibidem*); no 2º momento, o professor sugere a turma uma situação-problema com um conjunto de informações e cabe os alunos, divididos em grupos, realizarem os demais procedimentos (*ibidem*); já no 3º

momento, os alunos, já divididos em grupos, estabelecem uma situação-problema e, assim, realizam todo o processo de resolução de uma atividade de Modelagem, sendo devidamente assessorados pelo professor (*ibidem*).

Independente de qual concepção utilizar na atividade de Modelagem Matemática, seja essa atividade compreendida em um dos casos de Barbosa (2001), ou seja, compreendida em um dos momentos de Almeida e Dias (2004), são apontadas contribuições comuns no processo de aprendizagem como, por exemplo, a mudança de postura dos alunos (ALMEIDA; DIAS, 2004; ARAÚJO, 2002; BARBOSA, 2001; BASSANEZI, 2011; BURAK, 1992). Entretanto, percebemos que a aprendizagem é considerada como inerente no desenvolvimento das atividades, já que os autores já evidenciam contribuições no processo de aprendizagem que a Modelagem Matemática propicia sem perpassar como esse processo pode acontecer.

Neste sentido, na próxima seção iniciamos uma aproximação entre o desenvolvimento da Modelagem Matemática e sobre o processo de aprendizagem no cérebro que permeiam o âmbito das Neurociências.

### **Debates e Aproximações entre as Neurociências e a Modelagem Matemática**

Ao longo do artigo, buscamos compreender como o processo de aprendizagem é descrito segundo os estudos das Neurociências para aproximarmos esse processo com a estratégia de ensino conhecida como Modelagem Matemática.

Nos baseando em diversos trabalhos sobre aprendizagem segundo as Neurociências, percebemos um conjunto de três estímulos que, ao utilizarmos durante o ensino, podem facilitar e potencializar o início do processo de aprendizagem dos alunos - a atenção, a motivação e a relação entre conteúdo e a vivência dos alunos (ALVAREZ; LEMOS, 2006; BARTOSZECK, S/D; BARTOSZECK; BARTOSZECK, S/D; COSENZA; GUERRA, 2011; DAMÁSIO, 2000; 2012; FONSECA, 2016; GOLEMAN, 2012; 2014; IZQUIERDO, 2011) -; além disso, é considerado três processos que auxiliam na conservação da aprendizagem: repetição, elaboração de associações e consolidação de informações (COSENZA; GUERRA, 2011) e; para realizarmos tanto essa parte de facilitar e potencializar quanto essa parte de conservação da aprendizagem, podemos utilizar as funções executivas que podem ser consideradas como processo de aprendizagem de algo ou de alguma ação enquanto atingimos um objetivo (COSENZA; GUERRA, 2011; ESLINGER, 2003).

Enquanto a Modelagem Matemática é uma estratégia de ensino que instiga o aluno a investigar e resolver uma situação-problema utilizando procedimentos (matemáticos) (ALMEIDA; DIAS, 2004; ARAÚJO, 2002; BARBOSA, 2001; BASSANEZI, 2011; BURAK, 1992). Neste contexto, o aluno necessita buscar informações, criar ou utilizar procedimentos (matemáticos) para obter uma resposta, um modelo matemático que responda a situação-problema proposta (ALMEIDA; DIAS, 2004; BARBOSA, 2001). E, durante o desenvolvimento dessa atividade, são apontadas contribuições na aprendizagem dos alunos (ALMEIDA; DIAS, 2004; ARAÚJO, 2002; BARBOSA, 2001; BURAK, 1992), admitindo-se que os alunos possam aprender por meio da Modelagem.

Assim, a partir do levantamento teórico entre os trabalhos das Neurociências e os de Modelagem Matemática, estabelecemos aproximações com o intuito de evidenciar que as atividades de Modelagem podem contribuir, durante o seu desenvolvimento, no processo de aprendizagem dos alunos de acordo com as Neurociências. Iniciaremos nossas aproximações com os estímulos expostos em nosso referencial teórico para facilitar e potencializar a aprendizagem, começando pelo significado.

O significado é a relação entre o conteúdo (neste caso particular, o conteúdo matemático) e a vivência/realidade do aluno, de forma que o conteúdo ensinado faça sentido e conseqüentemente possa ser aprendido (COSENZA; GUERRA, 2011). Na Modelagem Matemática existe uma relação entre o conteúdo (matemático) com a realidade que acontece por meio de um problema real oriundo de um tema de interesse (ALMEIDA; DIAS, 2004; ARAÚJO, 2002; BARBOSA, 2001; BASSANEZI, 2011; BURAK, 1992).

Neste contexto, percebemos que a relação existente entre o conteúdo matemático e a realidade defendida na Modelagem se aproxima do que defende as Neurociências em relação a necessidade de os conteúdos terem significado ao ser ensinado para que possa facilitar e potencializar o processo de aprendizagem.

Consideramos que ao desenvolvermos uma atividade de Modelagem Matemática e discutimos sobre um tema e suas implicações, este se torna próximo do aluno, pois é possível entender o contexto o qual está inserido e então os conteúdos que surgem do desenvolvimento da atividade estão contextualizados e assim, de alguma forma, menos abstratos, o que pode levar o aluno a uma produção de significado e, então, de acordo com as Neurociências, facilitar e potenciar seu processo de aprendizagem.

Aliás, essas situações-problemas oriundas da realidade e utilizadas na Modelagem são apontadas como motivadoras para o desenvolvimento dessas atividades (ALMEIDA; DIAS, 2004; ARAÚJO, 2002; BARBOSA, 2001; BIEMBENGUT, 2009; BURAK, 1992; ROSA, 2013). Essa motivação é considerada, em trabalhos das Neurociências (COSENZA; GUERRA, 2011; DAMÁSIO, 2000; FONSECA, 2016; IZQUIERDO, 2011), um fator facilitador e potencializador na aprendizagem de uma determinada informação. Neste sentido, considerando que a relação entre conteúdo e realidade pode motivar os alunos a estudarem, visto que, essa motivação de estudar algo que tenha sentido possa ser prazerosa (COSENZA; GUERRA, 2011).

Assim, temos mais uma aproximação entre os trabalhos das Neurociências e os de Modelagem Matemática, uma vez que os alunos estarão mobilizando emoções positivas (prazer) ao desenvolver atividades de Modelagem tanto que façam sentido a eles quanto que possam partir de um tema de interesse deles.

Ainda considerando a questão que envolve a motivação, tanto Fonseca (2016) quanto Damásio (2000) evidenciam que propor atividades que exijam a elaboração e construção de metas podem proporcionar prazer ao aluno enquanto planeja objetivos para alcançá-los, podendo esse prazer ser maior ao finalizar as atividades, sendo essa elaboração e construção de metas consideradas por Cosenza e Guerra (2011) e Eslinger (2003) como funções executivas.

Essas funções executivas se aproximam com o desenvolvimento das atividades de Modelagem, pois os alunos necessitam elaborar e executar metas (como definir variáveis relevantes, testar hipóteses, validar respostas/modelos matemáticos) para solucionar uma situação-problema proposta (ALMEIDA; DIAS, 2004; BARBOSA, 2001).

Neste sentido, percebemos uma aproximação da motivação com o processo de desenvolvimento das atividades de Modelagem Matemática, já que nessas atividades há necessidade de traçarmos um planejamento para alcançarmos um objetivo, acarretando em uma possível motivação durante a realização e término.

E, ainda, Cosenza e Guerra (2011) apontam que a relação entre o conteúdo e a realidade pode estimular a atenção dos alunos. Todavia, devido a atenção ser um processo inerente do indivíduo, neste caso do aluno, apenas ele pode afirmar ou não se está direcionando seu foco (COSENZA; GUERRA, 2011; GOLEMAN, 2014) à atividade de Modelagem Matemática. Neste contexto, é prudente considerarmos que, se o aluno está propondo estratégias de resolução da situação-problema, como

elaboração de ações por exemplo, então ele “ultrapassou a barreira” da atenção, já que se isso não acontecer, ele não consegue prosseguir com o desenvolvimento da atividade.

Além disso, quando os alunos estão desenvolvendo funções executivas, conseguimos observar o processo de conservação de aprendizagem: repetição, isto é, ao (re)utilizarmos procedimentos e/ou conteúdos (particularmente, matemáticos) até a; elaboração de associações, para testarmos hipóteses e procedimentos, confrontarmos procedimentos e resultados para depois ocorrer a; consolidação das informações utilizadas e/ou aprendidas (COSENZA; GUERRA, 2011).

A aproximação da Modelagem Matemática com as funções executivas é explícita, já que em ambas os alunos necessitam planejar procedimentos, julgar se são adequados ou necessários para a resolução da atividade (ALMEIDA; DIAS, 2004; BARBOSA, 2001; COSENZA; GUERRA, 2011; ESLINGER, 2003), porém o processo de conservação da aprendizagem presente durante a execução das funções executivas há necessidade de explanarmos.

O processo de elaboração de associações pode estar presente quando os alunos estão planejando estratégias, que envolvam/associam procedimentos matemáticos ou não, para a resolução do problema (ALMEIDA; DIAS, 2004; BARBOSA, 2001), enquanto o processo de repetição pode ocorrer durante a execução do planejamento dos alunos, com a (re)utilização tanto dos procedimentos matemáticos necessários quanto na retomada e/ou readequação do planejamento. Já o processo de consolidação há necessidade de analisarmos em outra oportunidade para verificarmos o que foi aprendido pelo aluno tanto da atividade de Modelagem quanto dos conteúdos ensinados por meio dela.

Assim, percebemos algumas aproximações entre as investigações das Neurociências sobre o processo de aprendizagem e o processo de desenvolvimento da Modelagem Matemática descrito por Almeida e Dias (2004) e Barbosa (2001). Isso nos permite inferir que durante o processo desenvolvimento de atividades de Modelagem há, com alguma relação, os estímulos que facilitam, potencializam e conservam a aprendizagem segundo os trabalhos neurocientíficos, indicando um possível aprender enquanto realiza uma atividade de Modelagem.

### **Algumas considerações**

Em nossa pesquisa percebemos que os trabalhos neurocientíficos apontam estímulos que facilitam e potencializam a aprendizagem, descrevem um processo de conversação de informação e propõem que os alunos aprendam utilizando funções

executivas. Já em nossas considerações sobre Modelagem Matemática, restringimos a descrição do processo de desenvolvimento das atividades utilizando essa estratégia de ensino em duas concepções: Almeida e Dias (2004) e Barbosa (2001), sendo essas duas concepções as mais utilizadas em investigações e relatos (CARVALHO; NICOT, 2019).

E, durante nossas discussões, percebemos que o desenvolvimento de atividades de Modelagem Matemática, quando analisamos com base nos estudos de Neurociências, se aproxima dos estímulos e processos que podem facilitar, potencializar, conservar a aprendizagem, pois: 1) se relaciona o conteúdo a ser estudado com a realidade do aluno propiciando um significado para ele, o conteúdo, ser aprendido; 2) pode motivar os alunos a aprender a partir da situação-problema proposta, mais ainda; 3) durante o processo de resolução da atividade por propiciar o desenvolvimento das funções executivas (planejar metas, (re)elaborar, fixar e adaptar objetivos, ser crítico e criativo); além de 4) possibilitar a (re)utilização procedimentos (repetição), assim como; 5) a elaboração de associações a partir do planejamento de estratégias para resolver a situação-problema.

Contudo, apenas a etapa de consolidação de informações que não podemos afirmar ou negar uma aproximação entre a Neurociência e a Modelagem Matemática, já que existe a necessidade de avaliar o que os alunos recordam das atividades e dos conteúdos estudados (usando essa estratégia de ensino) e verificar quais informações/lembranças que perduraram.

A par destas informações, percebemos que o desenvolvimento das atividades de Modelagem Matemática pode propiciar a aprendizagem, já que pode facilitar, potencializar e conservar ela segundo os estudos das Neurociências quando aproximamos essas duas áreas de pesquisa. Entretanto, são necessárias novas investigações, teóricas e/ou empíricas, para analisarmos como essas aproximações podem se relacionar ou até se influenciar durante atividades de Modelagem.

## Referências

ALMEIDA, Lourdes Maria Werle de; DIAS, Michele Regiane. **Um estudo sobre o uso da Modelagem Matemática como estratégia de ensino e aprendizagem.** Bolema: Rio Claro/SP, v. 17, n. 22, 2004.

ALVAREZ, Ana; LEMOS, Ivana de Carvalho. **Os neurobiomecanismos do aprender: a aplicação de novos conceitos no dia-a-dia escolar e terapêutico.** Rev. psicopedag., São Paulo, v. 23, n. 71, p. 181-190, 2006. Disponível em [http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-84862006000200011&lng=pt&nrm=iso](http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84862006000200011&lng=pt&nrm=iso). Acessado em 16 ago. 2019.

ARAÚJO, Jussara de Loiola. **Cálculo, Tecnologias e Modelagem Matemática**: as discussões dos alunos. 2002, 180 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2002.

BARBOSA, Jonei Cerqueira. **Modelagem na Educação Matemática: contribuições para o debate teórico**. In: Reunião anual da ANPED, 24., 2001, Caxambu. Anais [...]. Rio de Janeiro: ANPED, 2001. Disponível em: [http://www.ufrgs.br/espmat/disciplinas/funcoes\\_modelagem/modulo\\_I/modelagem\\_barbosa.pdf](http://www.ufrgs.br/espmat/disciplinas/funcoes_modelagem/modulo_I/modelagem_barbosa.pdf). Acessado 13 set. 2019.

BARTOSZECK, Amauri Beniti. **Neurociência na Educação**. Disponível em: [https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/31197887/neuroedu.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1509729840&Signature=%2FtaNfoYWvgJ%2FsiF%2Fgnn4BMQsnIU%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DNeurociencias\\_de\\_Educacao.pdf](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/31197887/neuroedu.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1509729840&Signature=%2FtaNfoYWvgJ%2FsiF%2Fgnn4BMQsnIU%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DNeurociencias_de_Educacao.pdf). Acessado em 02 nov. 2017.

BARTOSZECK, Amauri Beniti; BARTOSZECK, Flávio Kulevicz. **Neurociências dos seis primeiros anos** – implicações educacionais. Disponível em: [http://www.educacao.mppr.mp.br/arquivos/File/projeto\\_estrategico/argumentos\\_neurologicos\\_neurociencia\\_6\\_prim\\_anos\\_bartoszeck.pdf](http://www.educacao.mppr.mp.br/arquivos/File/projeto_estrategico/argumentos_neurologicos_neurociencia_6_prim_anos_bartoszeck.pdf). Acessado em 02 nov. 2017.

BASSANEZZI, Rodney Carlos. **Ensino–aprendizagem com Modelagem Matemática**. 3. ed. São Paulo: Contexto, 2011.

BIEMBENGUT, Maria Salett. **30 Anos de Modelagem Matemática na Educação Brasileira**: das propostas primeiras às propostas atuais. ALEXANDRIA, 2, n. 2, julho 2009. 7-32. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/37939>. Acesso em: 16 ago. 2019.

BURAK, Dionísio. **Modelagem Matemática**: ações e interações no processo de ensino-aprendizagem. 1992. 460 f. Tese (Doutorado). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1992.

CARVALHO, Fernanda Antoniolo Hammes de. **Neurociências e Educação**: uma articulação necessária na formação docente. Trab. Educ. Saúde: Rio de Janeiro, v. 8, n. 3, p. 537-550, 2010. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1981-77462010000300012&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1981-77462010000300012&script=sci_abstract&tlng=pt). Acessado em 06 mai. 2019.

CARVALHO, Daniel Santos de; NICOT, Yuri Expósito. **Concepções de Modelagem Matemática presentes em Pesquisas Brasileiras na Educação Matemática**. SAJEBTT: Rio Branco, v. 6, n. 1, p. 418-430, 2019. Disponível em <https://periodicos.ufac.br/index.php/SAJEBTT/article/download/2447/1581>. Acessado em 17 ago. 2019.

COSENZA, R. M.; GUERRA, L. B. **Neurociência e Educação**: como o cérebro aprende. Porto Alegre: Artmed, 2011.

DAMÁSIO, A. R. **O mistério da consciência**: do corpo e das emoções ao conhecimento em si (tradução Laura Teixeira Motta). São Paulo: Companhia das Letras, 2000.

\_\_\_\_\_. **O erro de Descartes**: emoção, razão e o cérebro humano (tradução Dora Vicente, Georgina Segurado). 3 Ed. São Paulo: Companhia das Letras, 2012.

DIAS, Cláudia; CRUZ, José Fernando; FONSECA, António Manuel. **Emoções**: passado, presente e futuro. *Psicologia*: Lisboa, v. 22, n. 2, p. 11-31, 2008. Disponível em [http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0874-20492008000200002&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0874-20492008000200002&lng=pt&nrm=iso). Acessado em 25 jan. 2019.

ESLINGER, Paul J. **Desenvolvimento do Cérebro e aprendizado** (Tradução Renato M. E. Sabbatini). *Revista Cérebro & Mente*, 2003. Disponível em: [http://www.cerebromente.org.br/n17/mente/brain-development\\_p.htm](http://www.cerebromente.org.br/n17/mente/brain-development_p.htm). Acessado em 16 ago. 2019.

FONSECA, Vitor da. **Importância das emoções na aprendizagem**: uma abordagem neuropsicopedagógica. *Rev. psicopedag.*, São Paulo, v. 33, n. 102, p. 365-384, 2016. Disponível em [http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-84862016000300014&lng=pt&nrm=iso](http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84862016000300014&lng=pt&nrm=iso). Acessado em 14 jul. 2019.

GOLEMAN, Daniel. **O cérebro e a inteligência emocional**: novas perspectivas (tradução Carlos Leite da Silva). Rio de Janeiro: Objetiva, 2012.

\_\_\_\_\_. **Foco**: a atenção e seu papel fundamental para o sucesso (tradução Cássia Zanon). Rio de Janeiro: Objetiva, 2014.

GONÇALVES, Larissa Aparecida; MELO, Silvana Regina de. **A base biológica da atenção**. *Arq. Ciênc. Saúde UNIPAR*, Umuarama, v.13, n.1, p.67-71. 2009. Disponível em: <http://www.revistas.unipar.br/index.php/saude/article/view/2800/2086>. Acessado em 22 jan. 2019.

IZQUIERDO, Iván Antonio. **Memória**. 2. Ed. Porto Alegre: Artmed, 2011.

IZQUIERDO, Iván Antonio; MYSKIW, Jociane de Carvalho; BENETTI, Fernando; FURINI, Cristiane Regina Guerino. **Memória**: tipos e mecanismos - achados recentes. *Revista USP*: São Paulo, n. 98, p. 9-16, 2013.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 5ª Ed. São Paulo: Atlas, 2003.

OLIVEIRA JÚNIOR, Francimar Gomes de; ARCAMENDIA, Mariane Aguirre; ROSA, Claudia Carreira da. **A Modelagem Matemática como uma potencializadora na criatividade dos alunos**. In: XIII Encontro Sul-Mato Grossense de Educação Matemática, 2017, Ponta Porã. Anais [...], 2017. v. XIII. p. 275-284.

ROAZZI, Antonio; DIAS, Maria da Graça Bompastor Borges; SILVA, Janaína Oliveira da; SANTOS, Luciana Barboza dos; ROAZZI, Maíra Monteiro. **O que é Emoção?** Em busca da Organização Estrutural do Conceito de Emoção em Crianças. *Psicologia Reflexão e Crítica*, v. 24, n. 1, 2011, p. 51-61. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/prc/v24n1/v24n1a07>. Acessado em 25 jan. 2019.

ROSA, Claudia Carreira da. **Contribuições da modelagem matemática no contexto do professor reflexivo**. 2013. 264 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Educação Para Ciência e Matemática, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2013.

STEWART, Ian. **Em busca do infinito**: uma história da matemática dos primeiros números à teoria do caos (tradução George Schlesinger). Rio de Janeiro: Zahar, 2014.

Submetido em setembro de 2019.

Aceito em julho de 2020.

