

MARIA MONTESSORI, PSICO GEOMETRIA E NEUROCIÊNCIA

Maria Montessori, phyco geometry and neuroscience

Circe Mary Silva da Silva

Resumo

O objetivo do presente trabalho é identificar aproximações da História da Educação Matemática com a Educação Matemática, a partir da análise do livro *Psico Geometria: o estudo baseado na Psicologia Infantil* de Maria Montessori (1870-1952) para o ensino da geometria no ensino fundamental. O estudo caracteriza-se como qualitativo e o método usado foi bibliográfico. A análise do livro foi construída a partir de constructos teóricos da História Cultural. Concluímos que, o revisitar de livros do passado, como o de *Psico Geometria* de Montessori, mostra que propostas de ensino da geometria, apoiadas em firmes pressupostos teóricos e com bases experimentais, continuam atuais. Montessori usou um método de desenvolvimento de ensino, centrado na criança e apoiado na compreensão que tinha sobre o funcionamento do cérebro.

Palavras-chave: Pensamento Montessoriano, Ensino da Geometria, Cérebro.

Abstract

The objective of this work is to identify approximations of the history of mathematical education with mathematical education, from an analyse the textbook *Psycho geometry: the study based on Child Psychology* by Maria Montessori (1870-1952) for the teaching of geometry in elementary school. The study is characterized as qualitative and the method used was bibliographic. The analysis of the textbook was built from theoretical constructs of Cultural History. We conclude that revisiting books from the past, such as Montessori's *Psycho geometry*, shows that proposals for teaching geometry, supported by firm theoretical assumptions and with experimental bases, remain current. Montessori used a developmental method of teaching, centered on the child and supported by the understanding he had about the functioning of the brain.

Keywords: Montessorian Thought; Teaching of Geometry; Brain.

Aproximações da história da educação matemática e da educação matemática

A História da Educação Matemática (HEM) e a Educação Matemática (EM) são campos investigativos próximos e que se relacionam, entretanto, apresentam particularidades que os distinguem. Ambos se desenvolveram no século XX, primeiramente a EM e mais recentemente a HEM, entretanto, têm objetos distintos. Enquanto à EM tem como objeto o ensino e a aprendizagem da matemática, a HEM tem como objeto o estudo histórico sobre o ensino e aprendizagem da matemática. Especificamente, as pesquisas em HEM permitem “compreender os métodos de ensino, os tópicos de matemática escolar, a organização curricular, as opções de política educacional [...] a profissão do professor e mesmo o próprio uso da tecnologia” (MATOS, 2021, p. 28). Acrescento que, a importância da HEM reside, também, em permitir uma análise comparativa entre as diversas correntes de ensino, tanto num mesmo país como em uma perspectiva mais global.

A HEM não se restringe às investigações sobre como ocorreu o passado do ensino da matemática, ela visa também promover uma visão clara de como o conhecimento de tal passado pode, no presente, auxiliar o ensino e aprendizagens da matemática. É preciso entender “como chegamos onde estamos agora?”; “onde estamos?”; “para onde estamos indo?” e “o que devemos fazer?” em EM. (CLEMENTS et al., 2013, p. v). Na introdução do livro, organizado pelo coletivo de autores Clements, Bishop, Keitel, Kilpatrick e Leung, no *Terceiro Manual Internacional de*

Educação Matemática, de 2013, são discutidas as dimensões social, política e cultural da educação matemática; o alargamento da visão da educação matemática como campo de estudo; o entendimento sobre a tecnologia no currículo de matemática além de estabelecer perspectivas internacionais sobre a EM.

As preocupações com o futuro da EM estão relacionadas com uma compreensão do que está acontecendo no presente, o que por sua vez, necessita de uma compreensão e estudo do passado, ou seja, da HEM (KARP; SCHUBRING, 2014).

A fim de mostrar tal aproximação, escolhemos abordar o livro *Psico geometria: o estudo baseado na Psicologia Infantil* de Maria Montessori (1870-1952), para o ensino da geometria no ensino fundamental. Justificamos nosso interesse em discutir sobre as ideias pedagógicas dessa autora, pontuando as atuais pesquisas sobre ela, as novas traduções do livro *Psico Geometria* em várias línguas, seus trabalhos e a repercussão de suas ideias no Brasil. Comenta-se alguns aspectos do livro *Psico geometria: o principal deles é aquele que se aproxima da Educação Matemática e que desvela o entendimento da autora sobre como ensinar geometria a fim de interessar à criança e provocar uma aprendizagem visando o desenvolvimento da mente infantil, assim como, mostrar que as bases de sua proposta tem respaldos nos atuais estudos da neurociência.*

A análise do livro de Montessori procura entender as práticas discursivas que são produtoras de sentido e refletem, por meio de representações, as produções nela contidas. As representações podem ser compreendidas como esquemas intelectuais que, segundo Chartier (1991), fazem com que o presente assuma sentido.

Revistando Maria Montessori

No Brasil, muitos pesquisadores têm revisitado os trabalhos de Maria Montessori com diferentes objetivos: para compreender como se aplicam seus métodos no ensino aprendizagem da matemática (SILVA, 2014; BARBOSA, 2017; RIBEIRO & CARNEIRO, 2019; REZENDE, 2019; SOUZA & MOREIRA, 2020; GRZEÇA & FISCHER, 2020; SILVA, 2020); para fazer

um levantamento sobre as pesquisas brasileiras realizadas sobre Maria Montessori (REZENDE, 2017); para detectar a presença das ideias montessorianas no Brasil (ALVES & PORTELA, 2020; SILVA & SOARES, 2020),); as reedições de livros de Montessori, (SILVA, 2020), entre outros. As pesquisas internacionais são volumosas e incluem biografias (KRAMER, 1976; STANDING, 1984); considerações sobre a filosofia de Maria Montessori (RUCKENMEYER, 2009) e sobre Montessori e a neurociência (HUGHES, 2009; VALDIVIESO, 2014; REGNI, 2018; DE LA SERNA, 2020; FABRI e FORTUNA, 2020).

É muito usual associar o nome de Maria Montessori aos materiais didáticos e revolucionários que ela criou no início do século XX, ou seja, na tecnologia que a autora vislumbrou como importante para o ensino da matemática nos anos iniciais da escola. Segundo Roberts, Leung e Lins (2013), inicialmente, devido a inexistência de dispositivos eletrônicos, a tecnologia que auxiliou o ensino e aprendizagem da matemática, foi aquela que usava ferramentas físicas para calcular, comparar medidas, descobrir relações matemáticas etc. Entre tais dispositivos, podemos citar o ábaco, o material didático de Froebel e o material didático montessoriano. Seguindo as ideias de Froebel e utilizando resultados da Psicologia e Antropologia, Montessori percebeu que experiências tácteis poderiam ser muito úteis para o ensino de crianças pequenas. As escolas montessorianas que surgiram na Itália e Suíça, posteriormente EUA, Holanda e Índia, e em vários países, utilizaram amplamente tais ferramentas de ensino. Não foram apenas adeptos entusiastas de Montessori que se manifestaram, mas também críticos, entre eles Kilpatrick da Universidade de Columbia (KRAMER, 1976). Em decorrência das críticas, a influência de Montessori arrefeceu por um tempo, mas depois retornou com força devido aos trabalhos de Emile Cuisenaire, Caleb Gattegno e Zoltan Dienes, com seus materiais manipuláveis para o ensino da matemática. Montessori escreveu dois livros dedicados especificamente para a Matemática: *Psico aritmética* e *Psico geometria: o estudo da geometria baseado na*

Psicologia Infantil, publicados em língua espanhola, em 1934. No presente estudo, abordo apenas a obra sobre geometria. Esta foi traduzida para o holandês (1988), inglês (2011), francês (2011), italiano (2012), alemão (2012) e russo (2019). Exceto a edição para o holandês, as demais foram comparadas com a edição original na busca de pistas que justificassem essas traduções tantas décadas após a primeira edição.

A educadora Maria Montessori (1870-1952)

Maria Montessori nasceu em Chiaravalle, Itália, em 1870 e, faleceu em Nordwijk, na Holanda. Assim como outras mulheres do século XIX, enfrentou preconceitos para obter uma formação acadêmica. Conseguiu o diploma de médica em 1896, tornando-se a primeira mulher italiana com tal titulação na área da saúde. Seu trabalho com psiquiatria numa clínica para tratamento de jovens com retardos no desenvolvimento forneceu a Montessori uma profícua fonte de reflexão sobre o comportamento das crianças e como elas aprendiam quando brincavam. As leituras de obras de Itard, Bourneville e Séguin, entre outros médicos, foram importantes nessa fase de sua profissionalização. Em 1900, obteve formação na *Scola Magistrale Ortofrenica*, a qual proporcionava uma formação para educadores de escolas para crianças com deficiências mentais. Além disso, cursou Pedagogia e tornou-se, então, uma médica pedagoga. Com toda essa experiência, em 1907, criou a *Casa dei Bambini*, e lá começou a desenvolver o seu método pedagógico que privilegiava a liberdade e independência da criança. Em 1909, publicou o livro *A pedagogia científica: a descoberta da criança*, em que declara os métodos que apresenta “[...] presumem dotar a pedagogia de uma utilização mais ampla das experiências científicas sem, contudo, afastá-la dos princípios especulativos que lhe constituem as bases naturais” (MONTESSORI, 1965, p. 9). E, a partir daí não parou mais. Seu filho e, posteriormente, seu neto Mario Montessori, deram prosseguimento ao

trabalho que ela começou de maneira pioneira no mundo.

Maria Montessori no Brasil

Com a publicação *O método da Pedagogia Científica*, em 1909, Montessori divulgou suas ideias pedagógicas sobre o ensino de crianças, as quais podemos intitular de pensamento montessoriano. Esse livro foi o resultado de suas pesquisas na *Case dei Bambini*.

As ideias circulam como as águas nos oceanos. Elas não ficam restritas às regiões limitadas de um país ou continente; são, antes, transferidas e os homens, delas, se apropriam. As pesquisas que Montessori desenvolveu começaram a circular pelo mundo e ela própria tornou-se uma agente cultural, transmitindo diretamente suas ideias pedagógicas em países como Estados Unidos, Espanha, Inglaterra, Holanda, Sri Lanka, Argentina, Dinamarca e Índia, locais em que trabalhou ou ministrou conferências (SILVA; SOARES, 2020).

Em 1924, Alípio França, professor de metodologia de uma escola normal na Bahia, traduziu¹, para a língua portuguesa a *Pedagogia Científica*. Na década de 1920, foi ampla a repercussão das ideias montessorianas no Brasil (SILVA; SOARES, 2020) e outros autores começaram a produção de livros divulgando o método de Montessori. Pode-se citar, em 1925, *Lições de pedagogia* de Maria Lacerda de Moura, em que a autora elencou, segundo seu entendimento, as principais características da proposta da pedagoga italiana: “1º a necessidade de respeitar a individualidade da criança e dar-lhe máxima independência; 2º o valor da concepção ampla de liberdade do aluno; 3º a importância na educação sistemática dos sentidos” (GUIMARÃES, 2016, p. 171).

Concorreram, também, para a circulação da pedagogia de Montessori a indicação nos programas de disciplinas de formação de professores primários, do método por ela proposto, bem como a inclusão do conhecimento do método de Montessori em exames de seleção para concurso de professores para o magistério.

¹ A permissão de Maria Montessori para a tradução aparece na obra.

Quanto à Matemática, foram mais exploradas as propostas de iniciação à aritmética e de conceitos elementares de geometria. O grande destaque do método Montessori, que perpassa a maioria dos artigos publicados no Brasil no século XX, realça o emprego dos materiais didáticos da pedagoga. Foi o potencial desse material que mais chamou a atenção de educadores e a sua utilização no ensino parece ter se tornado o foco da atenção de todos (SILVA, SOARES, 2020).

Psico Geometria: o estudo baseado na Psicologia Infantil de Montessori

Um livro pelo qual os leitores não são conquistados e do qual não se apropriam, não passa de um conjunto de textos possíveis, mas que não possui uma existência verdadeira. De fato, é no momento em que cada leitor constrói seus códigos de leitura, que abre o livro à interpretação, que esse passa a ter significações (SILVA, 2020).

O título da obra – *Psico Geometria: o estudo da geometria baseado na Psicologia Infantil* – já deixa claro o que a autora pretendia, propor um ensino da geometria apoiado em pressupostos da psicologia infantil. Ao mesmo tempo que critica o ensino tradicional, procura dar uma orientação aos professores e pais de como conduzir um ensino infantil em que a criança, num processo de autoeducação, realizado por meio do desenvolvimento de atividades manipulativas, consegue chegar a saberes geométricos - por meio da intuição e da atividade (SILVA, 2020).

Partindo de pesquisas sobre a psicologia infantil, discute sobre o interesse da criança, o qual será um conceito básico para promover o desenvolvimento intelectual do indivíduo. Desafiar a criança, propondo novas tarefas, segundo ela, serviria para despertar seu interesse. Refletindo sobre o processo de aprender, diz que uma mente passiva está fechada à

aprendizagem e uma mente criativa, para ser desenvolvida, necessita de que a criança realize ações.

Numa crítica pertinente diz, que o teorema em si não é interessante para a criança, mas ao contrário, descobrir uma correlação, propor um teorema correspondente podem ser capazes de “exaltar o espírito” (MONTESSORI, 1934, p. 63). Essa exaltação do espírito, seria na linguagem atual, entendida como um estímulo da mente. Com estes descobrimentos a mente se abre e então, o interesse surge e com isso, se promove novas conquistas.

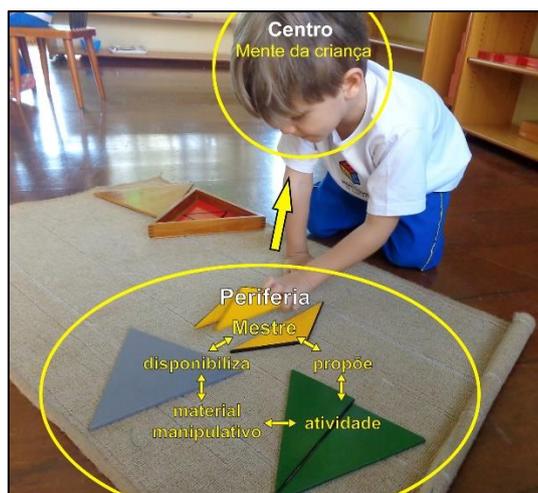
A proposta de Montessori para o professor introduzir a geometria parte da seguinte ideia - o professor deve partir de “coisas”, isto é, de representações concretas de objetos geométricos. Esse material de apoio é necessário: “Oferecemos só objetos materiais, figuras geométricas relacionadas entre si, figuras plásticas e manejáveis capazes de demonstrar e revelar, com sua aproximação, com a comparação entre elas, relações evidentes” (MONTESSORI, 1934, p. 64).

A autora, baseada numa filosofia empirista, a qual valoriza a experiência como geradora de conhecimento humano, construiu uma proposta de ensino em que a aprendizagem do aluno ocorre a partir da periferia - com atividades sensoriais e uso de materiais manipulativos² - para o centro - a mente³ da criança. “O método educativo está centrado na *liberdade* de escolha das próprias ações pelas crianças e numa preparação objetiva para tal (a ser feita pelo professor), com *material manipulativo*, que tem a função de uma intervenção social, auxiliar - portanto não determinante - a fim de oportunizar que a criança, segundo as suas necessidades naturais, alcance o próprio *desenvolvimento*” (SILVA, 2020). A imagem, na figura 1, ilustra de maneira simplificada o processo antes narrado.

² Atualmente, a neurociência explica isso da seguinte maneira: a variação nos estímulos reforça as conexões neurais. Quanto mais variados os estímulos, melhor será o reforço das conexões neurais.

³ Atualmente, “Mente consciente” é compreendida pela neurociência como gerada pela arquitetura das redes neurais interconectadas.

Figura 1 – Esquema



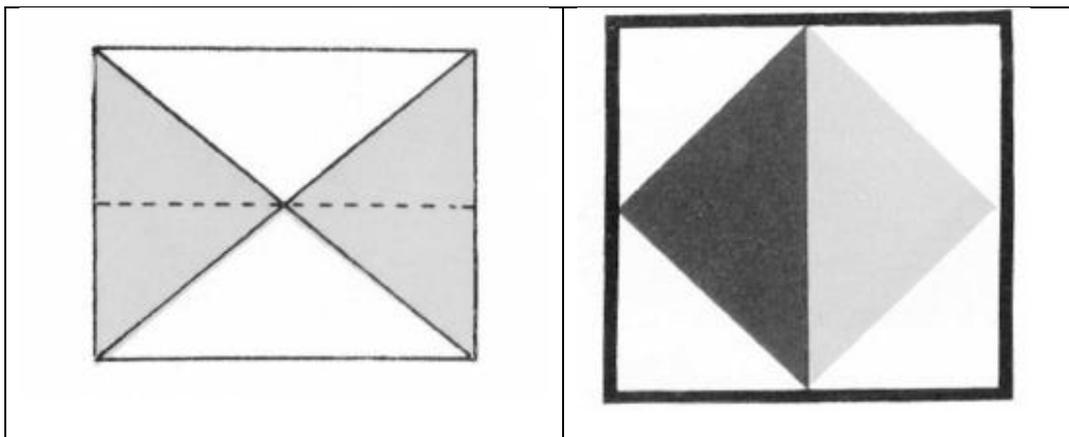
Fonte: Fotografia⁴ do site <http://www.montessoricampinas.com.br/>

De acordo com Montessori, não se dá à criança um material para demonstrar de modo “concreto” o que se está ensinando de modo abstrato na escola. Mas, sim, se oferece materiais, figuras relacionadas entre si, plásticas ou manipuláveis para que a criança demonstre sua compreensão, que mostre ou revele as relações entre elas por meio de comparações.

Montessori propunha problemas não triviais, que desafiassem a mente, a partir da

atividade com figuras geométricas. Por exemplo: Como poderíamos obter um quadrado que seja a metade de outro quadrado? Para resolver o problema, propõe disponibilizar material móvel (triângulos), dentro de um marco (quadrado) que permita os deslocamentos (Figura 2, à esquerda). “Tomemos dois triângulos que sejam cada um $\frac{1}{4}$ do quadrado e unimo-os pelo lado da hipotenusa. Está aqui um quadrado que é igual aos dois quartos, isto é, é a metade do quadrado grande” (MONTESSORI, 1934, p. 98-100).

Figura 2 - Representação do problema do quadrado



Fonte: Montessori, 1934, p. 99

⁴ Fotografia (usada com permissão pela Escola Montessori Campinas) e com design gráfico da ilustração por Johny Dirlei da Silva Acosta.

Ela prossegue dizendo que, ao encaixar os dois triângulos, formar-se-á um novo quadrado e que este é a metade do quadrado maior, o que pode ser visto na figura 2 à direita. A partir da resolução deste problema, introduz os conceitos de figura inscrita e circunscrita.

O objetivo de Montessori, ao trabalhar com essas atividades manipulativas, é permitir que as crianças percebam relações existentes entre as figuras e, também, que este estudo experimental possa prepará-las para um estudo sistemático da disciplina de geometria. As pranchas confeccionadas com ferro e com a possibilidade de fazer deslocamentos de seus encaixes evidencia que a autora aspirava uma geometria menos estática, como era praticada no ensino da época, muito apoiado na geometria proposta por Euclides. Atualmente, confirmamos esta proposta inovadora à época com o amplo uso dos aplicativos de Geometria Dinâmica. Ela diz: “A mão toca a evidência e a mente descobre o segredo” (MONTESSORI, 1934, p. 67).

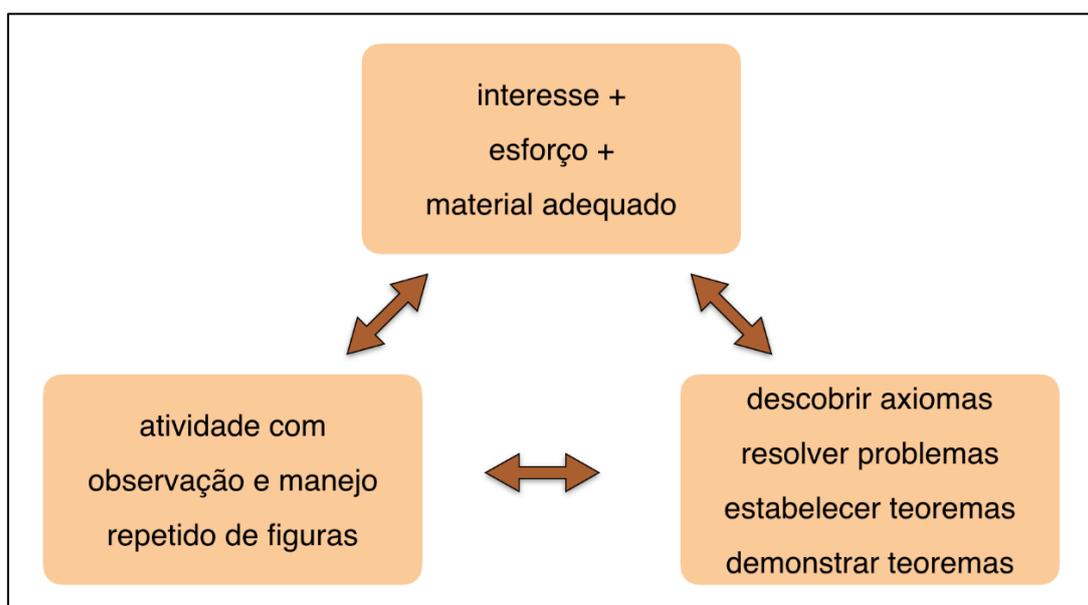
Em 1935, Montessori proferiu uma palestra em Cambridge (Inglaterra) e afirmou, na ocasião: “O material matemático, em particular, que é apresentado de forma adequada no período

sensível, permite à criança compreender verdades fundamentais, e não só isso, mas também descobrir novas conexões” (SILVA, 2020). Dizia ainda: “Nós precisamos dar coisas difíceis para interessar a criança” (MONTESSORI, 2012, p. 253). A autora propunha “colocar as mentes das crianças em contato com pensamentos mais exigentes, com os quais elas nunca foram confrontadas, analisando todas as dificuldades e apresentando-as separadamente com a ajuda de um sistema material concreto” (SILVA, 2020).

Combinando o *interesse* da criança com a oportunidade de manusear um material matemático adequado, Montessori acreditava ser possível o desenvolvimento de uma “ginástica” mental sobre os saberes geométricos que conduziriam a descobrir axiomas, resolver problemas e estabelecer teoremas. À longa *observação* e manejo repetido das figuras, permitiria, segundo ela, que os estudantes chegassem a constatar relações importantes e inclusive chegar a demonstrações (MONTESSORI, 1934).

Na figura 3, apresento o processo de desenvolvimento mental, segundo meu entendimento, das ideias propostas por Montessori.

Figura 3 - Esquema sobre o desenvolvimento mental



Fonte: elaborado pela autora.

Frações e geometria

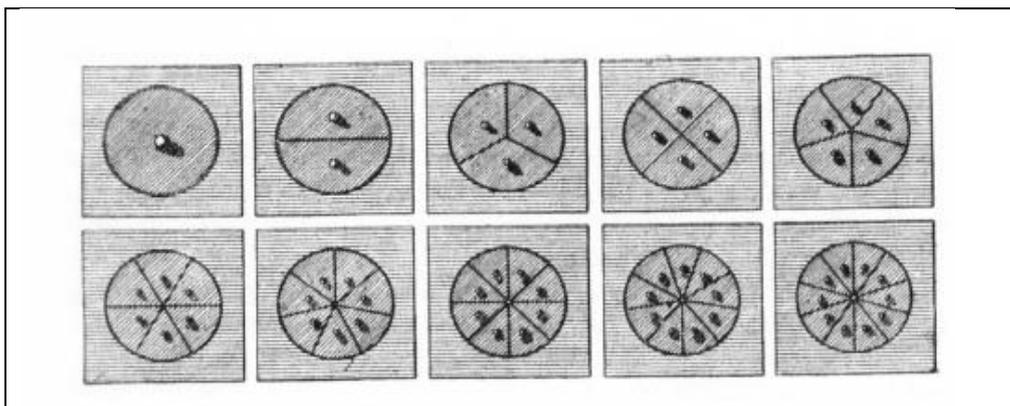
Embora o livro trate da geometria elementar, a autora introduziu o conteúdo de frações, o que pode parecer um tanto estranho, considerando que à época, a Aritmética e Geometria eram disciplinas estanques. Após tratar vários objetos geométricos como o quadrado, triângulo e círculo Montessori (1934, p. 189) afirma:

Nada se presta a representar sensivelmente as frações como o círculo e os ângulos que com ele se pode medir. O grau é $\frac{1}{360}$ como fração do círculo. Tendo a possibilidade de dividir o círculo (a unidade) em tantas pequenas partes iguais é possível por meio delas indicar as frações do círculo.

Montessori inicia a abordagem de frações pelas unitárias, ou seja, aquelas com numerador igual a unidade. As frações não são apresentadas como o quociente de dois números, mas como parte e todo.

Aproveitar a geometria para tratar das frações foi uma estratégia extremamente interessante de Montessori. Vejamos como fez: ao abordar o círculo e suas divisões, ela propôs um material manipulativo, dividido em partes, setores do círculo, que pudessem ser deslocados, algo dinâmico, em lugar de um desenho estático. Este material consiste de círculos divididos em graus: 180°, 120°, 72°, 90°, 60°, 51° e 1/2, 45°, 40°, 36°. Estabeleceu relações desses graus, respectivamente, com as frações: $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{6}$, $\frac{1}{7}$, $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{9}$, $\frac{1}{10}$, ilustrado na figura 4.

Figura 4 - Material manipulável de frações e geometria

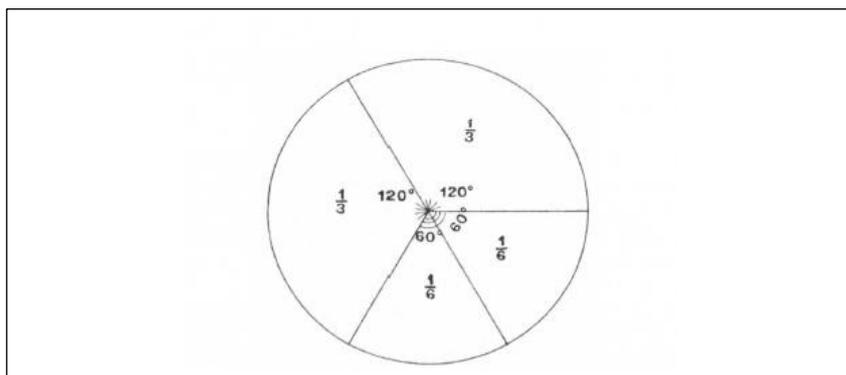


Fonte: Montessori, 2012, p. 141

A partir do estabelecimento desta relação entre a aritmética e a geometria, é possível chegar a vários resultados sobre as figuras geométricas. Por exemplo: como o hexágono é composto de seis triângulos equiláteros, o ângulo do triângulo é pois a

$\frac{1}{6}$ da parte do círculo, ou seja, 60°. Medida de ângulos e frações podem ser trabalhados conjuntamente, como mostra a figura 5. Ela propõe calcular a soma de dois setores de círculo de 120° e dois setores de 60°.

Figura 5 - Círculo dividido em 4 setores de 120° ou 1/3, 60° ou 1/6



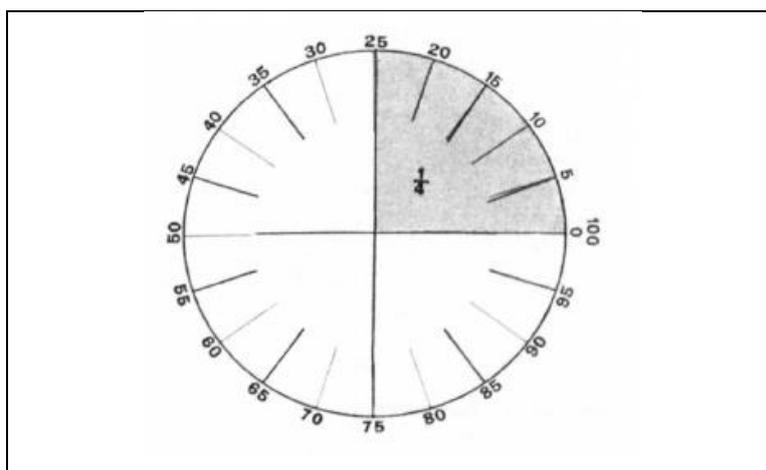
Fonte: Montessori, 2012, p. 154

A operação de soma de frações com denominadores diferentes é trabalhada com o material de encaixes e, com eles, podem ser alcançados muitos resultados, inclusive de equivalência de frações. Como desafio, propõe usar os setores de círculo para trabalhar frações com denominadores diferentes, como $1/3$, $1/4$ e $1/6$. Colocando cada setor um ao lado do outro, a criança descobrirá que eles formam uma fração e, que a parte que resta também é uma fração. É preciso descobri-la! Com os encaixes, a criança poderá chegar a descobrir que a fração que completa o inteiro é $1/4$, então a soma das frações $1/3$, $1/4$ e $1/6$ será $3/4$. Montessori diz: “É preciso, sem dúvida, chegar a este resultado comprovado com o material e os sentidos, por meio do

raciocínio e de operações aritméticas” (Montessori, 1934, p. 198). Usando o material de encaixes, ela prossegue com desafios e sugestões, propondo encontrar frações de frações, multiplicações e divisões.

Ao tratar das frações decimais, Montessori propõe que se tome o círculo e o divida em 100 partes em lugar de 360, como na figura 6. Embora continue a usar o círculo e as divisões dele, não mais associa tais divisões com a medida dos ângulos correspondentes. Ela chama a atenção que, na figura, sobre o marco (parte mais escura pintada, na figura) se vê $1/4$, que corresponde a $25/100$ da unidade. A partir daí, mostra a equivalência entre frações ordinárias e decimais.

Figura 6 - Frações decimais



Fonte: Montessori, 2012, p. 195

As tarefas propostas por Montessori são complexas uma vez que exigem tratar, paralelamente, com vários conceitos: fração,

representação de fração, classe de equivalência, operações aritméticas com frações, fração ordinária, fração decimal,

círculo, divisão do círculo, ângulo, medida de ângulo e, ainda, a correspondência entre diferentes representações semióticas.

A neurociência e o processo de aprendizagem

Montessori foi muito perspicaz ao intitular seu livro de *Psico Geometria*: um estudo baseado na psicologia infantil, antecipando as novas ramificações da neurociência como neuropsicologia, que estuda a interação entre as ações dos nervos e as funções psíquicas e, a neurociência cognitiva, que estuda a capacidade cognitiva do indivíduo como o raciocínio, a memória e o aprendizado. De acordo com Valdivieso (2014) as investigações em neuropsicologia são conhecidas desde 1966 com o psicólogo soviético Alexander Luria (1902-1977).

Estudos da neurociência são realizados usando técnicas de estudo do cérebro como Ressonância Magnética Funcional, Tomografia de Emissão de Positrons. Eles confirmam que todos processos cognitivos se realizam no cérebro e ainda, que o desenvolvimento cerebral infantil tem duas bases de apoio fundamentais: o genético e as experiências relacionada com a linguagem, a percepção e o emocional. (VALDIVIESO, 2014)

O atual entendimento do conceito do neurociência como “o estudo do sistema nervoso, em todas suas ramificações e com toda sua complexidade” (RABELLO, 2014, p. 40) permite entendermos melhor o funcionamento cerebral, pois a “[...] a nível cerebral existem distintos sistemas que participam no processo de aprendizagem, como o sistema nervoso periférico, encarregado de receber a informação sensorio-receptiva e de fazer cumprir as ordens, e a oferecer a resposta oportuna” (DE LA SERNA, 2020, p. 43).

Atualmente, as recentes pesquisas em neurociência, que estudam o funcionamento do cérebro, confirmam o que Montessori há quase 100 anos atrás defendia com tanto entusiasmo. Isso explica talvez a disposição de pesquisadores em lançar um olhar para o livro *Psico Geometria* de Montessori e o interesse dos editores nas traduções para outras línguas, desde a década de 2010. Para os estudiosos da neurociência: “O cérebro muda constantemente em decorrência do

aprendizado e permanece plástico por toda a vida. Essa propriedade de adaptabilidade é denominada de neuroplasticidade” (ALMEIDA e JUSTINO; 2020, p. 265). A atividade reforça e cria novas conexões cerebrais. A mente passiva que não é desafiada permanece fechada como dizia Montessori, e as recentes descobertas da neurociência vêm confirmar isso, pois a aplicação de metodologias em que o aluno se exercite mais, seja mais desafiado, irão ocasionar novas conexões das redes neurais, que são criadas e reforçadas mediante o uso efetivo e frequente.

A análise do neuropsicólogo Hughes (2009, p.1) sobre a educação proposta por Montessori concluiu que se trata de “[...] um método de desenvolvimento baseado no cérebro que permite às crianças fazer escolhas criativas na descoberta de pessoas, lugares e conhecimento do mundo”.

Nesse sentido, a proposta de situações novas favorece que no cérebro sejam criados novos conectomas, ou seja, novas conexões neurais que interligam suas diferentes partes que estão envolvidas na consecução de uma determinada tarefa.

Analisando a sugestão de Montessori de abordar frações e geometria, estabelecendo várias associações entre conceitos, constata-se que esta vai ao encontro das novas pesquisas em neurociência, as frações são construtos mentais e, com forte probabilidade de serem inatas; mais ainda, o córtex interparental representa frações ordinárias de um modo independente de sua notação (ALMEIDA e JUSTINO, 2021).

Fabri e Fortuna (2020) afirmam que o método de ensino centrado na criança, proposto por Maria Montessori, decorreu de um *insight*, que foi confirmado por pesquisas atuais em neurociência. As autoras destacaram os pontos que Montessori acertou: a distinção de três períodos de desenvolvimento psico-biológico da criança; a importância do meio ambiente no desenvolvimento cerebral e na aprendizagem; a estrutura neural específica de seres humanos que permitem a aquisição da linguagem; o papel da manipulação de objetos no desenvolvimento neuropsicológico e do exercício físico no

desenvolvimento do cérebro e do sistema nervoso.

Steven Hughes (2009, p. 1) diz que: “Quando você é confrontado com uma nova tarefa, seu cérebro precisa de ajuda. [...] Há um monte de processamento geral acontecendo em todos os lugares, em um cérebro, quando ele atua na resolução de um novo problema”.

A mão que toca e que manuseia os objetos era considerada por Montessori como essencial na aprendizagem. De acordo com Regni (2018) a relação entre fazer e aprender era muito clara para a pedagoga, pois por trás de cada gesto da criança - da mão que agarra um objeto - encontra-se formidáveis aparatos neurais.

Especificamente, no livro *Psico Geometria* de Montessori, identifiquei as seguintes ideias que considero fundamentais: a identificação da atividade psíquica como a condição indispensável para o êxito de uma tarefa e o interesse que empurra a criança para uma atividade; a criança como um explorador, que ao lhe ser dada liberdade, inicia sua educação na periferia, que é mobilizada pelos sentidos e atividades de movimento contínuas que penetram na mente, levando ao seu desenvolvimento; a variabilidade dos estímulos que reforça as conexões neurais e conseqüentemente fixa o aprendizado; a definição geométrica que deve ser posterior à descoberta das características definidoras do objeto geométrico; os materiais manipulativos que servem para preparar a mente e o seu estudo inicial, com tarefas que despertem um interesse vivo, permitem fazer indagações, comprovações e, podem levar a descoberta de correlações.

Para Montessori, a criança que age motivada pelo interesse é capaz de desenvolver capacidades que permaneceriam latentes e desconhecidas. Os recentes estudos em neurociência, como muito bem ressalta Almeida e Justino (2020, p. 266), na mesma perspectiva vislumbrada por Montessori, afirmam que: “O treinamento tanto reforça como cria novas conexões cerebrais, os conectomas, as fibras nervosas que interligam as regiões cerebrais. Essas descobertas fundamentam a aplicação de metodologias ativas”.

Constatei que há aproximações das ideias montessorianas com os resultados da

neurociência na área cognitiva. O conceito chave que ela traz de atividade está presente na neurociência – fazer exercícios e repetir tarefas favorecem as redes neurais e, resolver desafios, possibilita o estabelecimento de novas conexões neurais, mediante a criação de novos conectomas (ALMEIDA e JUSTINO, 2020).

Conclusões

As intuições de Montessori quanto ao funcionamento do cérebro podem ser confirmadas pelas modernas pesquisas em neurociência. A proposta de uso de material didático adequado e de atividades motivadas pelo interesse ativam a mente e podem promover não só a descoberta de resultados geométricos como também estimular o fortalecimento das funções cerebrais.

O tratamento de frações, começando pelas frações ordinárias e só bem depois pelas decimais e ainda, unindo o ensino da geometria com a aritmética foi, realmente, uma interessante proposta de Montessori. Somente agora, com os avanços da neurociência, há fortes indícios de que as frações são reconhecidas pelo cérebro como representações inatas, ou seja, não construídas. Montessori não conhecia a neurociência, mas o título do seu livro *Psico Geometria*, já mostra essa intuição, propondo todo um complexo de atividades para a construção dos conceitos, pela via dos materiais manipulativos.

Um livro do passado nada mais é do que a extensão de uma voz humana, registrada no papel, com o intuito de preservar, para outras gerações, o conhecimento construído. O estudo das ideias educacionais de Montessori, no seu livro *Psico Geometria*, no âmbito da HEM, permitiu entender a razão do interesse dos pesquisadores, na atualidade, sobre suas pesquisas realizadas há várias décadas. Ela trouxe uma metodologia de ensino ativa, capaz de mobilizar redes neurais do cérebro e permitir uma aprendizagem efetiva. De acordo com a autora, nada se assimila sem esforço: é o esforço de aprender, esforço do trabalho mental motivado pelo interesse que gera o desenvolvimento.

Ao realizarmos uma investigação no âmbito da HEM revisitando o livro de geometria de Montessori da década de 1930, identificamos aproximações da HEM com a EM. Tais aproximações estão presentes na proposta de Montessori que trazem subsídios teóricos e motivações práticas a partir de atividades, por ela sugeridas, para o ensino da geometria e aritmética que podem ser desenvolvidas em sala de aula no presente, pois não perderam sua atualidade.

Referências

- ALMEIDA, Manoel de Campos e JUSTINO, Edson José Rodrigues. **Como o cérebro processa a matemática?** Ensinamentos da neurociência para uma pedagogia renovada. e-book. Curitiba, 2020.
- ALMEIDA, Manoel de Campos. Neurociência e a história de frações. **Revista Brasileira de História da Matemática**. V. 20, n. 39, p. 51-61.
- BUCKENMEYER, Robert. **The Philosophy of Maria Montessori: What it Means to be ...** Bloomington: Xlibris, 2009.
- CHARTIER, Rogier. O mundo como representação. **Estudos Avançados**. v. 11, n. 5, p.173-191, 1991.
- CLEMENTS et al. **Third International Handbook of Mathematics Education**. New York: Springer, 2013.
- DE LA SERNA, Juan Moisés. **Aproximación a las Neuromatemáticas: el cerebro matemático**. Madrid: Editorial Tektime, 2020.
- FABRI, Mara; FORTUNA, Stefania. Maria Montessori and neuroscience: the trailblazing insights of an exceptional mind. **The Neuroscientist**. Vol. 26, 28 fev. 2020.
- GUIMARÃES, P. C. **Maria Lacerda de Moura e o estudo científico da criança patricia em Minas Gerais (1908-1925)**. Tese Programa de Pós-Graduação em Educação UFMG, 2016.
- HUGHES, Steven. Neuropsychology and Montessori. **News AMI/USA**, jan. vol. XVIII, n. 1, p-1-2, 2009.
- KRAMER, R. (1976). **Maria Montessori: A biography**. New York, NY: G. P. Putnam's Sons.
- KARP, Alexander; SCHUBRING, Gert. Introduction. In: Gert Schubring e Alexander Karp (Ed.) **Handbook on the History of Mathematics Education**. Nova York: Springer, 2014.
- MATOS, José Manoel. Prefácio. Maria Célia Leme e Silva e Thiago Pinto (ORG.) **História da Educação Matemática e formação de professores: aproximações possíveis**. São Paulo: Livraria da Física, 2020.
- MONTESSORI, Maria. **Pedagogia científica: a descoberta da criança**. São Paulo: Livraria Editora Flamboyant, 1965.
- MONTESSORI, Maria. **Psico Geometria: el estudio de la geometria basado em la psicologia infantil**. Barcelona: Casa Editorial Araluze, 1934.
- MONTESSORI, Maria. **Psychogeometrie: das Studium der Geometrie basierend auf der Psychologie des Kindes**. Trad. Comentada por Harald Ludwig e Martin Winter. Freiburg, Basel e Wien, Herder, 2012.
- RABELLO, Guilherme Malzoni da Motta. **Aristóteles para neurociência: proposta de um modelo conceitual para o estudo da cognição**. Tese de Doutorado: Programa de Pós-graduação em Neurologia, Universidade Federal de São Paulo, 2014.
- REGNI, Raniero, Cervello, mente, educazione: da Montessori alle neuroscienze. **Pedagogia e Vita: Rivista di problemi pedagogici educativi e didattici**. Ano 76, p. 81-100, 2018/1.
- REZENDE, Alan. Maria Montessori e os materiais para o ensino: a materialização de saberes. **Anais do XVII Seminário Temático Materiais Didáticos e História da Educação Matemática**. Aracaju: 2019, p. 1-15.
- SILVA, Circe M. S. e SOARES, Waleria. Ideias pedagógicas de Montessori no Brasil: contributos à Educação Matemática. **REMATEC**, ano 15, p. 195-211, 2020.
- SILVA, Circe M. S. Psico-geometria de Maria Montessori. **Acervo: boletim do centro de documentação do GHEMAT-SP**, v.2, n.2, p. 12-31, 2020.
- STANDIG, E. M. **Maria Montessori: Her Life and Work** (New York 1984), p. 38.
- VALDIVIESO, Luis Bravo. Psicología cognitiva y neurociencias de la educación en el aprendizaje del lenguaje escrito y de las matemáticas. **Revista IIPSI**, v. 17, n. 2, p. 25-27, 2014.

Circe Mary Silva da Silva: Doutorado em Pedagogia pela Universidade de Bielefeld – Alemanha, professora aposentada da UFES e professora do Mestrado em Educação Matemática da Universidade Federal de Pelotas – PPGEMAT, cmdynnikov@gmail.com.