

O USO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS EM OBJETOS DE APRENDIZAGEM DA MATEMÁTICA PARA ESTUDANTES COM DEFICIÊNCIA VISUAL: UM LEVANTAMENTO DE TESES E DISSERTAÇÕES BRASILEIRAS

Sandro Miranda de Rezende

Doutorando. Programa de Pós-Graduação em Ciências, Tecnologias e Inclusão pela Universidade Federal Fluminense. E-mail: sdromiranda@gmail.com.

Sergio Crespo Coelho da S. Pinto

Doutor. Programa de Pós-Graduação em Ciências, Tecnologias e Inclusão pela Universidade Federal Fluminense. E-mail: screspo@id.uff.br.

Resumo: Neste trabalho buscamos identificar como objetos de aprendizagem da matemática envolvendo tecnologias digitais destinados a estudantes da Educação Básica com deficiência visual vêm sendo abordados em teses e dissertações brasileiras nos últimos vinte anos, bem como analisar os estudos levantados com resultados centrados no processo de aprendizagem desses estudantes. A metodologia consistiu na realização de buscas no catálogo de dissertações e teses da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD). Os resultados apontam que por mais que muitas publicações mencionem a relevância da utilização de tecnologias digitais como recurso de aprendizagem da matemática para estudantes com deficiência visual, a maioria destes estudos explora o uso de materiais concretos manipuláveis, sendo poucas as teses e dissertações brasileiras que se centram em tecnologias digitais ou abordam objetos de aprendizagem da matemática envolvendo esse tipo de recurso. A análise das produções levantadas indica que o uso de tecnologias digitais influencia positivamente o processo de aprendizagem da matemática de estudantes com deficiência visual; no entanto, uma vez que poucos estudos foram conduzidos sobre a temática, infere-se que existe uma lacuna de pesquisa neste campo, sendo necessários desenvolvimentos teóricos adicionais.

Palavras-chaves: Deficiência visual, Tecnologias digitais, Objetos de aprendizagem da matemática, Educação básica.

THE USE OF DIGITAL TECHNOLOGIES IN MATHEMATICS LEARNING OBJECTS FOR VISUALLY IMPAIRED STUDENTS: A SURVEY OF BRAZILIAN THESES AND DISSERTATIONS

Abstract: In this paper aimed to identify how mathematics learning objects related to digital technologies designed for visually impaired students in k-12 education have been approached in Brazilian theses and dissertations in the last twenty years, as well as analyzing the studies with results focused on the learning process of these students. The methodology consisted of a literature search conducted at the catalog of dissertations and theses of the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES) and at the Brazilian Digital Library of Theses and Dissertations (BDTD). The results show that even though many publications

mention the relevance of using digital technologies as a resource for the mathematics learning process of visually impaired students, most of these studies explore the use of tactile resources, and there are few Brazilian theses and dissertations that focus on digital technologies or address mathematical learning objects involving this type of resource. The analysis of the studies indicates that the use of digital technologies positively influences the mathematics learning process of visually impaired students; however, since few studies have been conducted on the subject, it is possible that there is a research gap in this field, requiring additional theoretical developments.

Keywords: Visual impairment, Digital technologies, Mathematics learning objects, K-12 education.

INTRODUÇÃO

No Brasil, diferentes dispositivos legais regulamentam e apontam diretrizes para a educação de pessoas com necessidades educacionais específicas. A Constituição Federal de 1988 e o Estatuto da Criança e do Adolescente colocam como dever do Estado a garantia de atendimento educacional especializado a pessoas com deficiência, preferencialmente na rede regular de ensino. No entanto, essa pauta ganha força no Brasil a partir de meados da década de 1990, especialmente após a participação do país da Conferência Mundial sobre Necessidades Educacionais Especiais, em 1994, que culminou na elaboração da Declaração de Salamanca sobre princípios, políticas e práticas na área das necessidades educativas especiais (UNESCO, 1994), documento do qual o país é signatário. Nesse momento, reafirma-se o compromisso do país com a Educação para Todos e se reconhece a necessidade e urgência em providenciar uma educação para as crianças, jovens e adultos com necessidades educacionais especiais dentro do sistema regular de ensino.

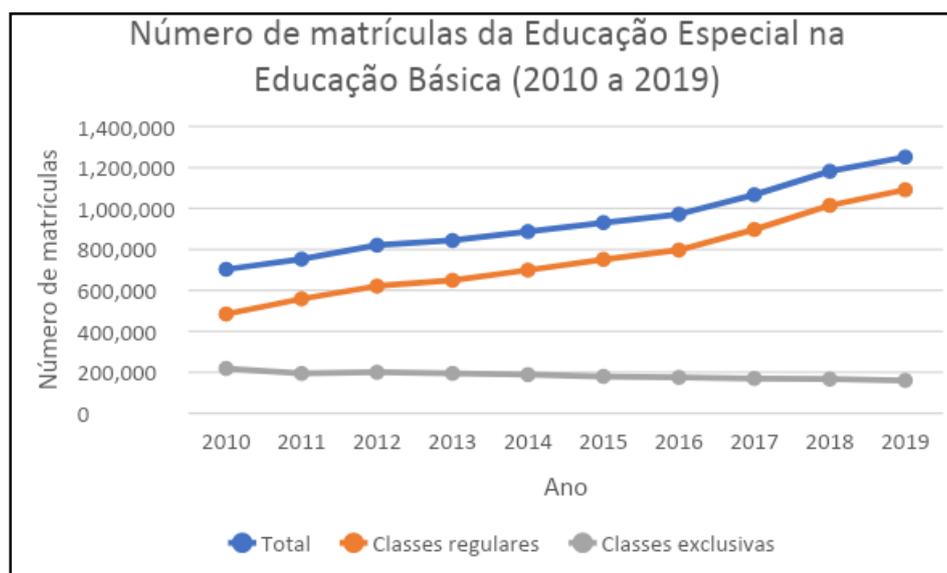
Em 1996, é aprovada a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (Lei Nº 9.394/96), que possui um capítulo destinado à Educação Especial, reforçando o atendimento preferencial na rede regular e caracterizando as garantias que deverão ser asseguradas pelos sistemas de ensino aos educandos com deficiência, transtornos globais do desenvolvimento e altas habilidades ou superdotação. Ao longo das décadas seguintes, surgem diversos outros dispositivos alinhando as políticas públicas nacionais ao movimento mundial pela educação inclusiva, destacando-se a Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva (BRASIL, 2008) e a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência. (BRASIL,

2015)

Os avanços alcançados com os esforços no sentido de promover a inclusão de alunos público alvo da Educação Especial em classes regulares se refletem em números. Segundo dados divulgados pelo instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) com relação ao Censo Escolar de 2019, o número de matrículas da Educação Especial chegou a aproximadamente 1,25 milhão neste ano¹, dentre as quais mais de um milhão eram referentes a alunas e alunos incluídos em classes regulares nas diferentes redes de ensino. Do total de matrículas da modalidade, a maior parcela se encontrava no ensino fundamental, que concentrava mais de 70% das matrículas de estudantes público alvo da Educação Especial.

Analisando-se os dados do Censo Escolar ao longo da última década observa-se, ainda, que o número de alunos com deficiência, transtornos globais do desenvolvimento ou altas habilidades matriculados nas diferentes redes de ensino e etapas de escolarização tem aumentado gradativamente ao longo dos anos, como mostra a Figura 1.

Figura 1 – Número de matrículas da Educação Especial na Educação Básica



Fonte: Os autores (2020), elaborado com base em dados dos censos escolares do INEP de 2010 a 2019.

Os dados coletados revelam, ainda, que de 2010 a 2019 houve um aumento de 78% no número total de matrículas da Educação Especial na Educação Básica²; em relação ao número

¹ O número contempla tanto alunos incluídos em classes regulares quanto alunos em classes especiais exclusivas.

² Tal número cresceu de 702.603 em 2010 para 1.250.967 em 2019 (INEP, 2010, 2019).

de alunos da modalidade incluídos em classes regulares, tal crescimento foi de 125%³. Se em 2010, aproximadamente 69% do público alvo da Educação Especial estava matriculado em classes regulares, esse percentual atingiu por volta de 87% em 2019. Ainda de acordo com dados do Censo Escolar, em 2019 foram registradas 80.091 matrículas de estudantes com baixa visão ou cegueira em classes regulares das diferentes etapas de escolarização da Educação Básica no país.

Tanto os avanços na legislação que regulamenta e aponta diretrizes para a inclusão educacional do público alvo da Educação Especial, quanto o crescimento do número de matrículas desses alunos em classes regulares das redes de ensino, reforçam a necessidade de realização das adaptações necessárias para atenção às necessidades individuais de todos os estudantes que a frequentam. No entanto, para que a inclusão escolar ocorra de forma efetiva, de modo que seja possível a plena participação de todos e todas no âmbito educacional, são necessárias adaptações em diferentes aspectos, fora e dentro de sala de aula, e as novas tecnologias podem ser aliadas nessa perspectiva. No sentido de eliminar barreiras encontradas por pessoas com deficiência no processo de aprendizagem, especialmente as de natureza tecnológica, comunicacional ou informacional, novos recursos digitais vêm sendo desenvolvidos de maneira que estudantes com algum tipo de impedimento possam participar efetivamente em diferentes contextos formativos. No que se refere à matemática, dispositivos como computadores, telefones celulares e *tablets*, bem como softwares que relacionam geometria e álgebra, editores de textos matemáticos e ferramentas para desenvolvimento de jogos digitais são importantes recursos na constituição de situações de aprendizagem dinâmicas, permitindo a exploração de diferentes tipos de linguagens e formatos de representação.

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC), documento que define competências, habilidades e aprendizagens mínimas que todos os estudantes devem desenvolver durante as diferentes etapas de escolarização, destaca a importância da integração de diferentes recursos didáticos, incluindo ferramentas tecnológicas, para o desenvolvimento de situações que promovam a reflexão e contribuam para a sistematização e formalização de conceitos matemáticos. Nesse sentido, a base propõe que os estudantes utilizem tecnologias, inclusive

³ Tal número cresceu de 484.332 em 2010 para 1.090.805 em 2019 (INEP, 2010, 2019).

digitais, como calculadoras e planilhas eletrônicas, durante todo o processo de escolarização. Entre as competências específicas de matemática para o ensino fundamental, o documento menciona que os estudantes devem ser capazes de “utilizar processos e ferramentas matemáticas, inclusive tecnologias digitais disponíveis, para modelar e resolver problemas cotidianos, sociais e de outras áreas de conhecimento, validando estratégias e resultados” (BRASIL, 2017, p. 267). Já no que se refere ao Ensino Médio, o texto destaca a “importância do recurso a tecnologias digitais e aplicativos tanto para a investigação matemática como para dar continuidade ao desenvolvimento do pensamento computacional” (BRASIL, 2017, p. 528).

O documento também menciona o fato de que a matemática não pode ser desvinculada do contexto histórico e cultural em que se situa, na medida em que é uma ciência humana, fruto das necessidades e preocupações de diferentes culturas, em diferentes momentos históricos, contribuindo para solucionar problemas científicos e tecnológicos desse contexto em que está inserida (BRASIL, 2017). Nesse sentido, considerando que alunas e alunos fazem parte de uma cultura digital⁴, na qual tecnologias dessa natureza permeiam diferentes espaços sociais e reestruturam a sociedade, é natural que o digital faça parte do cotidiano escolar. Mais além, é importante que esses recursos sejam explorados em situações de aprendizagem e, dada a relevância do tema, constituam objeto de pesquisa acadêmica no que se refere às suas potencialidades para a aprendizagem da matemática.

Nesse sentido, buscamos responder à seguinte questão de pesquisa: *como objetos de aprendizagem⁵ da matemática envolvendo tecnologias digitais direcionados a estudantes com deficiência visual da Educação Básica estão sendo abordados em teses e dissertações produzidas no país nos últimos vinte anos?* Para isso, foi realizado levantamento por meio de buscas no catálogo de teses e dissertações da CAPES e na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD). Os resultados obtidos são apresentados a seguir, bem como são analisados os estudos levantados centrados no processo de aprendizagem de estudantes com

⁴ Segundo Heinsfeld e Pischetola (2017), “a cultura digital está relacionada à comunicação e à conectividade global, ao acesso e à produção de conteúdo de forma veloz, interconectada, autônoma e mediada pelo digital, através das redes distribuídas” (CASTELLS, 1999; UGARTE, 2008, apud HEINSFELD; PISCHETOLA, 2017)

⁵ No contexto desta pesquisa, entendemos que objetos de aprendizagem, de maneira geral, não possuem um formato específico, podendo ser constituídos em mídias digitais ou não. Nessa perspectiva, seguimos Pimenta e Batista (2004), para quem um objeto de aprendizagem é “uma unidade de aprendizagem de pequena dimensão, desenhada e desenvolvida de forma a fomentar a sua reutilização, eventualmente em mais do que um curso ou em contextos diferenciados, e passível de combinação e/ou articulação com outros objetos de aprendizagem de modo a formar unidades mais complexas e extensas”.

deficiência visual e discutidas as potencialidades de objetos de aprendizagem envolvendo tecnologias digitais na formação de conceitos matemáticos por esses estudantes.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A visão é o nosso elo primário de ligação com o mundo objetivo, proporcionando informações constantes e verificação imediata e permitindo que os elementos sejam apreendidos em forma já integrada (PIAGET, 1952, apud SANTIN; SIMMONS, 1996). No entanto, uma deficiência visual não implica, por si só, uma redução nas possibilidades de aprendizagem de uma criança, tampouco impede o estabelecimento de relações com os outros ou interação com objetos ou situações cotidianas (LIRA; SCHLINDWEIN, 2008). De todo modo, é importante que professores que trabalham com estudantes com deficiência visual procurem compreender seu modo de aprender, atentando para as especificidades do trabalho com esse grupo de estudantes.

A forma como a criança com deficiência visual apreende e constrói a realidade é necessariamente diferente daquela da criança vidente, na medida em que, na ausência total ou parcial da visão, o organismo dispõe de outras vias que podem suprir ou complementar a informação visual (SANTIN; SIMMONS, 1996; LIRA; SCHLINDWEIN, 2008). Nesse sentido, a deficiência visual não seria apenas a ausência de visão ou o defeito de um órgão específico, mas também uma fonte de manifestação de capacidades, uma vez que seria provocada uma reorganização de todas as forças do organismo e da personalidade. (VIGOTSKI, 1997)

Se algum órgão, devido à deficiência morfológica ou funcional, não consegue cumprir inteiramente seu trabalho, então o sistema nervoso central e o aparato psíquico assumem a tarefa de compensar o funcionamento insuficiente do órgão, criando sobre este ou sobre a função uma superestrutura psíquica que tende a garantir o organismo no ponto fraco ameaçado. (VIGOTSKI, 1997, p.77)

No caso de pessoas com deficiência visual, as informações chegam por meio de dois canais principais: a linguagem, através da fala e da audição, e a exploração tátil, sendo utilizados para isso prioritariamente os sistemas háptico, fonador e auditivo no processamento de informações (GIL, 2000; FERNANDES, 2004, apud LOPES, 2012). Santin e Simmons (1996), na mesma perspectiva, apontam que a criança cega vivencia o mundo por meio dos outros

sentidos, mas destacam a relevância da linguagem em seu processo de aprendizagem, ressaltando que esse mundo pode lhes estar sendo explicado em termos que talvez não correspondam à sua experiência sensorial. De acordo com as autoras, experiências que são basicamente visuais para videntes, quando explicadas através da linguagem por estas a crianças cegas, podem carecer de significado para as últimas, o que poderia gerar má correspondência entre o que uns e outros entendem por um mesmo objeto.

Nesse sentido, Batista (2005), além de destacar a ênfase dada por Vigotski ao papel da linguagem na aquisição de conceitos, na medida em que tal processo consistiria em operação intelectual “dirigida pelo uso das palavras como o meio para centrar ativamente a atenção, abstrair determinados traços, sintetizá-los e simbolizá-los por meio de um signo” (VIGOTSKI, 1989, p.70 apud BATISTA, 2005, p.10), discute o papel das representações no planejamento do material didático para alunos cegos, ressaltando que, se no desenvolvimento de conteúdos com alunos videntes, professores utilizam meios como gravuras, esquemas, fotos, mapas e filmes, no caso do aluno cego é preciso realizar as adaptações necessárias e buscar as melhores formas de representação.

Na mesma perspectiva, ao citar os estudos de Vigotski (1997) sobre pessoas com deficiência visual, Lopes (2012) menciona que a falta de visão não impede que o sujeito desenvolva domínios conceituais e que, nesse caso, os signos culturais atuam como mediadores na construção de conhecimentos. Nessa ótica, não serão somente os exercícios táteis que possibilitarão a construção de representações mentais, mas sim o estabelecimento de interações sociais, através das quais os conceitos serão desenvolvidos. (LOPES, 2012)

Ao realizar estudo experimental sobre a formação de conceitos, Vigotski (2008) argumenta que esta é o resultado de uma atividade complexa, em que todas as funções intelectuais básicas tomam parte, e que o signo, ou a palavra, é fundamental no processo como “meio pelo qual conduzimos as nossas operações mentais, controlamos o seu curso e as canalizamos em direção à solução do problema que enfrentamos”.

Todas as funções psíquicas superiores são processos mediados, e os signos constituem o meio básico para dominá-las e dirigi-las. O signo incorporado à sua estrutura como uma parte indispensável, na verdade a parte central do processo como um todo. Na formação de conceitos, esse signo é a *palavra*, que em princípio tem o papel de meio na formação de um conceito e, posteriormente, torna-se seu símbolo. (VIGOTSKI, 2008, p. 70).

Referindo-se especificamente à aprendizagem da matemática, Healy e Powell (2013) colocam que, se esperarmos “que todos os alunos, independentemente de suas diferenças, experienciem e se apropriem dos artefatos que atualmente compõem a matemática escolar da mesma forma, haverá o risco de falhar em reconhecer como válidas formas de apropriação e uso de ferramentas matemáticas que desviam do esperado” (HEALY; POWELL, 2013, p.74, tradução nossa). Os autores ainda argumentam que para entender diferentes formas de participação na matemática escolar, é necessário considerar o estudante como um ser cultural e investigar como diferentes aspectos desse ser podem impactar nas suas formas particulares de se apropriar das práticas matemáticas escolares.

A visão exerce um papel relevante no desenvolvimento de alguns conceitos matemáticos. Representações gráficas ou figurais, e mesmo notações que por vezes são expressas através de um layout bidimensional, como frações, potências e matrizes, podem ser identificadas de maneira direta por videntes, que acessam as informações sobre os componentes do objeto matemático de maneira global e integrada. O processamento de informações recebidas através da leitura em Braille, da manipulação de objetos, ou mesmo a partir de leitores de tela, por outro lado, se dá de maneira sequencial e fragmentada. Desse modo, um desafio para professores de alunos com deficiência visual é o desenvolvimento de estratégias para que esses estudantes tenham acesso aos conteúdos através dos sistemas háptico, fonador e auditivo, por meio dos quais eles constroem e reinterpretam conhecimentos. (MANRIQUE, 2010, apud LOPES, 2012)

Diversos estudos abordam a importância do tato na aprendizagem do estudante com deficiência visual (FERNANDES; HEALY, 2007; FERNANDES; HEALY, 2010; FERRONATO, 2002), bem como as contribuições do uso de material manipulável no processo de ensino e aprendizagem deste aluno, especialmente no estudo de geometria. No entanto, embora importante, o simples uso de material tátil não garante, por si só, a aprendizagem. Com o desenvolvimento tecnológico, novos recursos repletos de potencialidades estão disponíveis e devem ser explorados. Como colocam Heinsfeld e Pischetola (2017), na era da informação e da cultura digital emergem desafios para a escola, dentre os quais a necessidade de propiciar o desenvolvimento das habilidades necessárias à plena participação em uma sociedade permeada por novas tecnologias, e a urgência de serem exploradas as potencialidades das redes digitais.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Na pesquisa, objetivamos identificar dissertações e teses produzidas no Brasil nos últimos vinte anos que abordassem objetos de aprendizagem da matemática que fossem voltados para estudantes da Educação Básica com deficiência visual e, além disso, envolvessem o uso de tecnologias digitais. Devido à existência de diferentes termos que se relacionam com os objetivos da pesquisa, por vezes utilizados como sinônimos, optou-se pela elaboração de um protocolo de busca abrangente para posterior seleção dos resultados a partir dos resumos das produções levantadas.

A pergunta de pesquisa foi definida na introdução e, no sentido de respondê-la, realizaram-se buscas no catálogo de teses e dissertações da CAPES e na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), que integra sistemas de informação de teses e dissertações existentes em diversas instituições de ensino e pesquisa no país. Para a busca na BDTD, foi utilizada a expressão (“deficiência visual” OR cegos) AND matemática AND (tecnologias OR digital OR computador OR aplicativo OR software). Por outro lado, em busca realizada no catálogo da CAPES tal estratégia não apresentou resultados satisfatórios; nesse caso, optou-se pela utilização de diferentes expressões de busca associando os termos “deficiência visual”, “cegos”, “tecnologia”, “digital”, “computador”, “aplicativo” e “software” aos operadores booleanos OR e AND.

Ressalta-se que a opção pelo uso de estratégias de busca diferentes nas duas bases se justifica pelo fato da primeira estratégia não ter apresentado resultados confiáveis ao ser utilizada na base CAPES. Ao se utilizar nesta base, por exemplo, a expressão (“deficiência visual” OR cegos) AND matemática AND (tecnologias OR digital OR computador OR aplicativo OR software), obteve-se um quantitativo de produções diferente de quando se utilizou a expressão (tecnologias OR digital OR computador OR aplicativo OR software) AND (“deficiência visual” OR cegos) AND matemática. Em ambos os casos, o número de estudos levantados foi significativamente menor que o obtido quando se utilizou a segunda estratégia de busca. Por outro lado, não foram observadas tais diferenças na BDTD, o que indica que os operadores booleanos funcionam adequadamente nesta base. Portanto, entende-se que o uso de uma ou outra estratégia na BDTD não alteraria os resultados da pesquisa, ao contrário do que ocorreu na base da CAPES. Nesta última, optou-se pela segunda estratégia, que possibilitou a

obtenção de um maior número de produções.

Para definir os estudos que seriam analisados no trabalho foram elaborados critérios de inclusão e exclusão. Para ser incluído na pesquisa, o estudo deveria: (i) abordar a aprendizagem da matemática por pessoas com deficiência visual; (ii) apresentar ao menos um objeto de aprendizagem que envolvesse o uso de ferramentas digitais, bem como resultados de sua utilização por pessoa(s) com deficiência visual. De modo análogo, foram elaborados os seguintes critérios de exclusão: (i) o estudo não é da área da matemática; (ii) o estudo discute ou apresenta tecnologias ou recursos digitais, mas não envolve objetos de aprendizagem utilizando ferramentas desse gênero; (iii) a tecnologia digital apresentada é utilizada para a construção de materiais didáticos concretos a serem utilizados em objetos de aprendizagem, mas não é usada no objeto ou situação de aprendizagem em si; (iv) as análises e resultados apresentados não se centram no aluno, mas sim no professor, bastando que o estudo levantado atendesse a um dos critérios de exclusão para que não fosse incluído entre os trabalhos a serem analisados.

Realizadas as buscas, procedeu-se à leitura de títulos e resumos dos estudos levantados publicados a partir do ano 2000, tendo sido aplicados os critérios de inclusão e exclusão. Quando a leitura do resumo não era suficiente para a definição em relação à inclusão ou exclusão do artigo, realizava-se a leitura dinâmica da produção. Por fim, os trabalhos incluídos foram analisados com o objetivo de avaliar como objetos de aprendizagem da matemática envolvendo tecnologias digitais destinados a estudantes da Educação Básica com deficiência visual vêm sendo abordados nas teses e publicações brasileiras dos últimos vinte anos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A busca na BDTD retornou 84 produções, entre teses e dissertações. Já a partir das buscas no catálogo de teses e dissertações da CAPES, foram obtidos 53 trabalhos distintos. Após a eliminação de trabalhos duplicados, obteve-se um total de 122 produções.

Após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão de trabalhos na pesquisa, chegou-se a um total de nove estudos abordando objetos de aprendizagem da matemática destinados a estudantes da Educação Básica com deficiência visual que envolvessem utilização de tecnologias digitais. Os trabalhos incluídos são apresentados no Quadro 1, onde encontram-se

organizados em ordem cronológica de publicação.

Quadro 1 – Dissertações e teses que abordam objetos de aprendizagem da matemática voltados para ou acessíveis a estudantes com deficiência visual e que envolvem tecnologias digitais

Título e nível	Autoria e ano	Instituição
A tecnologia informática como auxílio no ensino de geometria para deficientes visuais (mestrado)	Simone Barreto Lirio (2006)	Universidade Estadual Paulista
Introdução ao conceito de função para deficientes visuais com o auxílio do computador (mestrado)	Heitor Barbosa Lima de Oliveira (2010)	Universidade Federal do Rio de Janeiro
Matemática para alunos cegos e as tecnologias da informação e comunicação (mestrado)	José Roberto Machado (2014)	Centro Universitário Moura Lacerda
Matemática inclusiva: ensinando matrizes a deficientes visuais (mestrado)	Tiago Stefanelo e Silva (2015)	Universidade Federal de Santa Maria
A adaptação de materiais pedagógicos para o ensino de matemática para estudantes com deficiência visual do ensino fundamental (6º ao 9º ano) (mestrado)	Tânia Maria Moratelli Pinho (2016)	Universidade Federal Fluminense
Objeto de aprendizagem hiperligado com materiais manipuláveis para o ensino de geometria espacial para alunos com baixa visão na educação básica (mestrado)	Josino Lucindo Mendes Júnior (2016)	Universidade Federal de Goiás
O ensino de números decimais em uma classe inclusiva do ensino fundamental: uma proposta de metodologias visando à inclusão (doutorado)	Marcelo Marques de Araújo (2017)	Universidade Federal do Mato Grosso
Uma jornada dos números naturais aos racionais com uma aluna com deficiência visual (doutorado)	Paulo César Freire (2017)	Universidade Anhanguera de São Paulo
O ensino de matemática para estudantes cegos por meio de sistema suplementar de comunicação (mestrado)	Sandy da Conceição Dias (2018)	Universidade do Estado do Pará

Fonte: Os autores (2020).

De maneira geral, observou-se que muitas das produções obtidas através da busca mencionavam o uso de tecnologias digitais na aprendizagem da matemática por pessoas com deficiência visual, mas não exploravam objetos de aprendizagem envolvendo tais tecnologias. Nesses casos, os estudos em geral se centravam na avaliação do uso de materiais concretos manipuláveis. Em outros casos, por mais que objetos de aprendizagem digitais fossem explorados, os objetivos do estudo e, em consequência, as análises realizadas, se centravam na figura do professor. Além disso, foram encontrados trabalhos em que tecnologias digitais não

foram empregadas no objeto de aprendizagem em si, mas sim na construção de recursos didáticos manipuláveis; em alguns desses casos, ferramentas digitais eram utilizadas para controlar o uso do recurso manipulável, mas como tal controle ficava a cargo do pesquisador, e não do estudante, ditos estudos não foram incluídos na pesquisa. No que se refere aos estudos que atenderam aos critérios de inclusão e exclusão estabelecidos, apresentamos a seguir as tecnologias digitais que são abordadas, como elas são empregadas em objetos de aprendizagem e como os autores avaliam os resultados obtidos.

Lirio (2006) realiza estudo sobre o uso do computador no estudo da matemática por pessoas com deficiência visual, objetivando identificar possibilidades e limitações no uso dessa tecnologia no ensino de geometria. Para tal, utiliza o Desenhador Vox, parte integrante do sistema DOSVOX⁶. As atividades exploradas pela autora envolvem construção de segmentos e polígonos, primeiramente com o auxílio do geoplano e, em seguida, diretamente no programa. Para a construção, o estudante deveria informar um nome para a figura a ser construída, seu número de lados, se a linha poligonal desejada era fechada, e as coordenadas dos vértices da figura. Posteriormente as construções realizadas eram impressas através de uma impressora laser. O material impresso era, então, adaptado pela professora para exploração tátil dos estudantes e estabelecimento de relações com construções realizadas no geoplano. A autora conclui que a versão do programa utilizada no momento da condução da pesquisa apresentava restrições, o que interferia no processo de construção do conhecimento pelos estudantes e demandava a presença de um mediador. Ainda assim, a ferramenta conferiu certo grau de autonomia aos alunos na expressão e compartilhamento de suas ideias graficamente.

Oliveira (2010) apresenta um conjunto de atividades com o objetivo de avaliar como o computador, através do uso de planilhas eletrônicas, pode contribuir no processo de aprendizagem do conceito de função por alunos com deficiência visual. As atividades elaboradas foram baseadas em situações problema contidas em livros didáticos voltados para o público geral. Dessa forma, o autor objetivava mostrar que um mesmo conjunto de atividades desenvolvidas com estudantes videntes poderia ser trabalhado com alunos com deficiência visual, bastando para isso a realização das adaptações necessárias. Participaram do estudo sete

⁶ Sistema gratuito desenvolvido pelo Núcleo de Computação Eletrônica da Universidade Federal do Rio de Janeiro (NCE/UFRJ) composto por mais de setenta programas que apresenta, entre suas funcionalidades, sistema operacional, sistema de síntese de fala para língua portuguesa, ampliador de tela, editor e leitor de textos, jogos, utilitários de internet e programas destinados à educação de crianças com deficiência visual (LIRIO, 2006).

estudantes com deficiência visual; no entanto, os resultados apresentados se concentraram em dois estudantes. Foram realizadas quatorze atividades: nas seis primeiras, os alunos deveriam identificar regularidades e padrões em situações apresentadas, sendo utilizado material concreto manipulável como apoio nas cinco primeiras; da sétima à décima atividade, os estudantes deveriam utilizar o PLANIVOX⁷ para construção de tabelas representativas dos dados observados em situações envolvendo padrões e regularidades; da décima primeira em diante, os alunos deveriam utilizar o geoplano para a análise e construção de gráficos. Em relação às atividades que envolviam o uso do PLANIVOX, o autor conclui que a utilização da ferramenta aumentou a atenção dispensada pelos estudantes, bem como sua segurança em relação às respostas dadas. Notou-se, também, que o uso da sintaxe e a inserção de dados no programa foram importantes para a percepção da necessidade de uma escrita matemática correta, pois equívocos nesse sentido faziam com que o programa não realizasse as operações desejadas corretamente. O autor destaca, ainda, o desenvolvimento da escrita bidimensional, e conclui que com as atividades de construção de tabelas no PLANIVOX, os alunos puderam compreender o conceito de variável através da interação com o computador na medida em que, com a inserção de fórmulas em colunas, os valores das expressões inseridas eram calculados instantaneamente.

Machado (2014) realiza um estudo de caso explorando atividades elaboradas no EDIVOX⁸, no PLANIVOX e na calculadora vocal do DOSVOX. Nas atividades, estudantes deveriam responder questões relacionadas a elementos de pirâmides, digitar as medidas desses elementos em uma planilha e calcular o volume usando a calculadora vocal do programa. Em entrevista realizada pelo autor no estudo, os sujeitos participantes afirmam que com o uso de planilhas foi possível realizar operações com mais facilidade. Os estudantes afirmaram, ainda, que o EDIVOX tornou a escrita mais fácil, mas que, por outro lado, a leitura se tornou mais difícil.

Silva (2015) aborda a introdução do conceito de matrizes e suas operações elementares com aluno com deficiência visual total, utilizando material concreto e o leitor de tela NVDA⁹

⁷ Planilha eletrônica do DOSVOX (OLIVEIRA, 2010).

⁸ O EDIVOX é um editor de textos integrado ao sistema DOSVOX que permite ao usuário criar e editar textos que podem ser salvos em disco ou impressos tanto em impressora comum como em Braille (MACHADO, 2014).

⁹ O NVDA (NonVisual Desktop Access) é um software livre que funciona como leitor de tela para *Windows* (SILVA, 2015).

para realização de exercícios de fixação através de computador. Tais exercícios foram elaborados no *Microsoft Word*, de modo que o aluno deveria realizar sua leitura através do leitor de tela e produzir resoluções escritas para eles no mesmo documento. O autor conclui que embora matrizes tenham layout bidimensional, não foram verificados problemas na identificação de seus elementos através do leitor de tela, uma vez que a leitura realizada pela pessoa com deficiência visual se dá de forma linearizada; ou seja, bastava posicionar o cursor na linha desejada e buscar as informações. Por outro lado, o autor destaca que por mais que leitores de tela sejam ferramentas importantes para o trabalho com pessoas com deficiência visual, é importante que os alunos estejam habituados à sua utilização. Por fim, foram observadas dificuldades na utilização do computador para realização de multiplicação e inversão de matrizes; nesse caso, a utilização do material concreto facilitou a realização da atividade.

Em seu estudo, Pinho (2016) identifica recursos pedagógicos utilizados nos processos de ensino e de aprendizagem de estudantes com deficiência visual e propõe adaptações de recursos destinados a alunos videntes, elaborando atividades que foram aplicadas com quatorze estudantes cegos na forma de oficinas. As atividades desenvolvidas envolviam origamis, pipas, placas geométricas, calculadoras com sintetizador de voz, DOSVOX, multiplano e desenhos de figuras planas envolvendo elásticos. Em relação às tecnologias digitais abordadas na pesquisa, foram utilizadas: i) calculadora com sintetizador de voz, em torno da qual foi realizada oficina voltada para instrumentalização quanto ao seu uso e comparação com resultados de operações realizadas através do Soroban; e ii) o recurso JOGAVOX, integrante do sistema DOSVOX, que foi explorado para criação de questionários avaliativos ao fim das oficinas realizadas. A partir dos resultados obtidos, a autora desenvolveu um sítio eletrônico com o objetivo de fornecer sugestões de recursos pedagógicos e estratégias de ensino a professores.

Em sua pesquisa, Mendes Júnior (2016) elabora um objeto de aprendizagem hiperligado com materiais manipuláveis para o desenvolvimento de conceitos de geometria espacial, destinado a alunos com baixa visão. Com o trabalho, o autor objetivava, ainda, estudar as características que um objeto de aprendizagem dessa espécie deveria apresentar, e identificar e analisar estratégias levadas a cabo por estudantes e mediações praticadas por um professor de matemática no momento da realização das atividades. Aspectos didáticos, pedagógicos e metodológicos do material desenvolvido foram delineados a partir de observações realizadas

no Centro de Apoio Pedagógico do Centro Brasileiro de Reabilitação e Apoio ao Deficiente Visual e de demandas de professoras e estudantes participantes da investigação. Nesse sentido, foi desenvolvido o aplicativo *Edrons* para realização de atividades com os estudantes, ferramenta que possuía recursos de áudio para descrição de enunciados, figuras e animações, totalmente navegável pelo teclado. Foram realizadas quatro oficinas, nas quais os estudantes deveriam realizar atividades utilizando o aplicativo e, em seguida, atividades escritas, ambas utilizando material concreto manipulável como apoio. Com as atividades, objetivava-se que os estudantes, através da manipulação de poliedros, preenchimento de tabelas e, ainda, com o auxílio do aplicativo, explorassem conteúdos como posição relativa entre retas, classificação de poliedros e relação de Euler.

Araújo (2017) investiga metodologias de ensino das operações aditivas com números decimais em uma classe inclusiva do ensino fundamental onde um dos alunos apresentava deficiência visual. As metodologias de intervenção analisadas foram o uso do *Tabuleiro de Decimais*, instrumento desenvolvido pelo autor para representação e transformação de números decimais e realização de operações com números naturais e decimais, e o uso do software *MusiCALcolorida*, tendo sido investigados aspectos da utilização de tais ferramentas no processo de aprendizagem de discentes com e sem deficiência visual. De acordo com o autor, a *MusiCALcolorida*, ferramenta digital gratuita utilizada no estudo, é uma calculadora que permite que sejam exibidas na tela do computador diferentes representações para os números, como escrita numérica e representação de uma cor e um som diferentes para cada número. As atividades de intervenção em que o software foi utilizado ocorreram em cinco sessões, sendo as duas primeiras destinadas à ambientação quanto ao uso da ferramenta, e as demais destinadas à realização de um jogo em que os alunos deveriam realizar cálculos de adição através da calculadora. O autor conclui que ambas as ferramentas foram positivas no aprendizado das operações aditivas com números decimais para todo o grupo de alunos, com ou sem deficiência visual.

Freire (2017) analisa a construção das imagens de conceito¹⁰ de números naturais e racionais de uma aluna cega. Foram elaboradas e aplicadas atividades para trabalhar números

¹⁰ Tall e Vinner (1981) utilizam o termo “imagem de conceito” para descrever a estrutura cognitiva total que está associada ao conceito, o que inclui todas as imagens mentais e propriedades e processos a ele associados, sendo construída ao longo dos anos através experiências de todos os tipos, e mudando conforme o indivíduo encontra novos estímulos e amadurece.

naturais e racionais, e entre os recursos utilizados encontrava-se o software *Ritmática*, ferramenta digital gratuita através da qual o aluno pode trabalhar com som e/ou imagens para explorar os conceitos de razão e proporção. O autor coloca que embora o software tenha apelo visual para plena usabilidade, não há prejuízos para indivíduos cegos desde que seja realizada uma pequena mudança em sua programação. Na pesquisa, são relatados dezoito encontros com a aluna participante do estudo de caso, dentre os quais o penúltimo foi destinado ao reconhecimento do teclado do computador e instrumentalização para seu uso e apenas o último foi destinado a atividades envolvendo o software com o objetivo de trabalhar números racionais na forma fracionária; no entanto, não são apresentados resultados conclusivos em relação ao uso da ferramenta.

Por fim, Dias (2018) avalia a funcionalidade de um sistema suplementar de comunicação no ensino de matemática para estudantes cegos. Nesse sentido, foram elaboradas atividades a serem trabalhadas com os estudantes utilizando-se como apoio material concreto e um aplicativo que funcionava por sistema de voz. Tal aplicativo foi desenvolvido pela autora sob orientação do professor coorientador do trabalho, utilizando para isso o ambiente de programação *MIT App Inventor*. Segundo a autora, o aplicativo elaborado tinha como objetivo dar maior autonomia a estudantes cegos, permitindo que interagissem com o sistema ouvindo perguntas previamente gravadas e respondendo oralmente, sendo utilizado paralelamente material concreto como suporte. Nas atividades, que trabalhavam conceitos de representação de números no sistema decimal, curvas, segmentos de reta, polígonos, áreas e volumes, os estudantes eram estimulados a responder perguntas a partir da interação com o material concreto elaborado, seguindo um roteiro definido previamente. De acordo com as respostas dadas, os estudantes eram direcionados para as etapas seguintes, sendo fornecidos retornos sobre as respostas a cada caso. Ao fim de cada atividade, o programa fornecia informações no sentido de sistematização e formalização dos conceitos desenvolvidos. As atividades foram desenvolvidas com duas estudantes cegas, tendo sido positivos ou parcialmente positivos os resultados obtidos em todos os casos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Recursos digitais representam ferramentas versáteis e dinâmicas, com grande potencial de contribuição na formação de conceitos matemáticos em uma perspectiva inclusiva e possibilidades de utilização em contextos de ensino e de aprendizagem não presenciais. No entanto, as potencialidades desses recursos na elaboração de objetos de aprendizagem da matemática acessíveis a pessoas com deficiência visual não vêm sendo exploradas com frequência em teses e dissertações publicadas no Brasil. Os resultados da pesquisa apontam que, por mais que muitas produções dessa natureza mencionem a relevância da utilização de tecnologias digitais como recurso de aprendizagem da matemática por estudantes com deficiência visual, poucas são as teses e dissertações sobre a temática produzidas no país que se centram em tecnologias digitais ou abordam objetos de aprendizagem envolvendo esse tipo de recurso. A maioria das produções explora a utilização de recursos didáticos manipuláveis e, quando abordam tecnologias digitais, muitas vezes não se centram nesse tipo de ferramenta para a aprendizagem.

Materiais concretos manipuláveis são importantes ferramentas na formação de conceitos por pessoas com deficiência visual, mas não as únicas. Atualmente, existem ferramentas disponíveis que possibilitam o trabalho com outras linguagens e sistemas de representação de forma acessível. Como colocam Tall e Vinner (1981), a estrutura cognitiva total associada a um conceito envolve representações mentais diversas, sendo construída através de experiências de todos os tipos. Estímulos sensoriais excitam determinados caminhos neuronais e inibem outros e, assim, diferentes estímulos podem ativar diferentes partes da imagem de um conceito (TALL; VINNER, 1981).

Por fim, observa-se que com o atual ritmo de desenvolvimento tecnológico, desafios se colocam para que professoras e professores ressignifiquem suas práticas e promovam o desenvolvimento das habilidades necessárias à participação de alunas e alunos em uma sociedade dinâmica, onde o digital permeia o cotidiano e novas tecnologias, linguagens, códigos e formas de comunicação surgem a todo instante. Além disso, no atual contexto pandêmico, que implica necessidade de isolamento social e consequente adoção de práticas pedagógicas de caráter não presencial, a utilização de tecnologias digitais torna-se ainda mais relevante e necessária. É preciso atentar, no entanto, que para a construção de uma Educação

que seja efetivamente inclusiva é necessário que se construam condições para que essa participação seja de todas e todos; atuar no sentido de eliminação de possíveis barreiras tecnológicas, comunicacionais e informacionais nas situações e objetos de aprendizagem desenvolvidos é essencial para uma efetiva inclusão escolar.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, M. M. **O ensino de números decimais em uma classe inclusiva do ensino fundamental: uma proposta de metodologias visando à inclusão.** 2017. 403 p. Tese (Doutorado em Educação em Ciências e Matemática) - Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, 2017.
- BATISTA, C. G. **Formação de conceitos em crianças cegas: questões teóricas e implicações educacionais.** *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, v. 21, n. 1, p. 07-15, 2005.
- BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular.** Brasília: MEC/Secretaria de Educação Básica, 2017. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_-versaofinal_site.pdf. Acesso em 20 de agosto de 2020.
- BRASIL. **Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996.** Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19394.htm. Acesso em 20 de agosto de 2020.
- BRASIL. **Lei nº 13.146, de 06 de julho de 2015.** Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/113146.htm. Acesso em 20 de agosto de 2020.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Especial. **Política Nacional de Educação Especial na perspectiva da Educação Inclusiva.** Brasília: MEC/SEESP, 2008.
- DIAS, S. C. **O ensino de matemática para estudantes cegos por meio de um sistema suplementar de comunicação.** 2018. 268 p. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade do Estado do Pará, Belém, 2018.
- FERNANDES, S. H. A.; HEALY, L. **A inclusão de alunos cegos nas aulas de matemática: explorando área, perímetro e volume através do tato.** *Bolema: Boletim de Educação Matemática*, Rio Claro, v. 23, n. 37, p. 1111-1135, 2010.
- FERNANDES, S. H. A.; HEALY, L. **Ensaio sobre a inclusão na Educação Matemática.** *Unión. Revista Iberoamericana de Educación Matemática - UNION, Federación Iberoamericana de Sociedades de Educación Matemática - FISEM*, v. 10, p. 59-76, 2007.
- FERRONATO, R. A. **Construção de instrumento de inclusão no ensino da matemática.** 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

- FREIRE, P. C. **Uma jornada dos números naturais aos racionais com uma aluna com deficiência visual**. 2017. 205 p. Tese (Doutorado em Educação Matemática) - Universidade Anhanguera de São Paulo, São Paulo, 2017.
- HEALY, L.; POWELL, A. B. Understanding and Overcoming “Disadvantage” in Learning Mathematics. In: CLEMENTS, M. A. (Ken) et al. (Eds.) **Third International Handbook of Mathematics Education**. New York: Springer International Handbooks of Education, v.27, p. 69-100, 2013.
- HEINSFELD, B. D.; PISCHETOLA, M. **Cultura digital e educação, uma leitura dos estudos culturais sobre os desafios da contemporaneidade**. Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação, Araraquara, v. 12, n. 2, p. 1349-1371, 2017.
- INEP. **Sinopse estatística da educação básica**. 2010. Disponível em: http://download.inep.gov.br/informacoes_estatisticas/sinopses_estatisticas/sinopses_educacao_basica/sinopse_estatistica_da_educacao_basica_2010.zip. Acesso em 17 de agosto de 2020.
- INEP. **Sinopse estatística da educação básica**. 2019. Disponível em: http://download.inep.gov.br/informacoes_estatisticas/sinopses_estatisticas/sinopses_educacao_basica/sinopse_estatistica_educacao_basica_2019.zip. Acesso em 17 de agosto de 2020.
- LIRA, M. C. F.; SCHLINDWEIN, L.M. **A pessoa cega e a inclusão: um olhar a partir da psicologia histórico-cultural**. Cadernos Cedes, Campinas, v. 28, n. 75, p. 171-190, 2008.
- LIRIO, S. B. **A tecnologia informática como auxílio no ensino de geometria para deficientes visuais**. 2006. 129 p. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2006.
- LOPES, A. M. A. **Estratégias de mediação para o ensino de matemática com objetos de aprendizagem acessíveis: um estudo de caso com alunos com deficiência visual**. 2012. 290 p. Tese (Doutorado em Informática na Educação) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.
- MACHADO, J. R. **Matemática para alunos cegos e as tecnologias da informação e comunicação**. 2014. 135 p. Dissertação (Mestrado em Educação) – Centro Universitário Moura Lacerda, Ribeirão Preto, 2014.
- MENDES JÚNIOR, J. L. **Objeto de aprendizagem hiperligado com materiais manipuláveis para o ensino de geometria espacial para alunos com baixa visão na educação básica**. 2016. 236 p. Dissertação (Mestrado em Ensino na Educação Básica) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016.
- OLIVEIRA, H. B. L. **Introdução ao conceito de função para deficientes visuais com o auxílio do computador**. 2010. 109 p. Dissertação (Mestrado em Ensino da Matemática) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.
- PINHO, T. M. M. **A adaptação de materiais pedagógicos para o ensino de matemática para estudantes com deficiência visual do ensino fundamental (6º ao 9º ano)**. 2016. 185 p. Dissertação (Mestrado em Diversidade e Inclusão) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2016.
- SANTIN, S.; SIMMONS, J. **Problemas das crianças portadoras de deficiência visual congênita na construção da realidade**. Trad. de Ilza Viega. Revista Benjamin Constant,

edição 02, p. 7-11, 1996.

SILVA, T. S. **Matemática inclusiva: ensinando matrizes a deficientes visuais**. 2015. 70 p. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

TALL, D. O.; VINNER, S. **Concept Image and Concept Definition in Mathematical with particular reference in Limits and Continuity**. Educational Studies in Mathematics, n. 12, p. 151-169, 1981.

UNESCO. **The Salamanca Statement and framework for action on special needs education**. World Conference on Special Needs Education: Access and Quality. Salamanca: UNESCO, 1994.

VIGOTSKI, L. S. Fundamentos de defectologia. In: **Obras completas**. Tomo V. Trad. de Maria del Carmen Ponce Fernandez. Havana: Editorial Pueblo y Educación, 1997. p. 74 - 87.

VIGOTSKI. **Pensamento e linguagem**. Trad. Jefferson Luiz Camargo. 4 ed. São Paulo: Martins Fontes, 2008.