



DESENVOLVIMENTO DO PENSAMENTO ALGÉBRICO DE ALUNOS COM TRANSTORNO DO ESPECTRO AUTISTA (TEA): UM ESTUDO À LUZ DA TEORIA DOS REGISTROS DE REPRESENTAÇÃO SEMIÓTICA

DEVELOPMENT OF ALGEBRAIC THINKING OF STUDENTS WITH AUTISTIC SPECTRUM DISORDER (ASD): A STUDY IN LIGHT OF THE THEORY OF SEMIOTIC REPRESENTATION REGISTERS

Mateus Bibiano Francisco¹
Denise Pereira de Alcantara Ferraz²
Eliane Matesco Cristóvão³

Resumo

O presente artigo decorre de uma pesquisa cuja temática é o ensino de álgebra a alunos com Transtorno do Espectro Autista (TEA). O objeto deste artigo é responder à seguinte questão: a transição entre os diferentes registros de representação semiótica contribui para a aprendizagem de álgebra de alunos com TEA? Para isso, foram considerados os registros produzidos por quatro alunos com TEA, matriculados no oitavo ano de uma instituição privada de ensino, da cidade de Itajubá/MG, a partir de intervenções que visavam introduzir conceitos ligados à álgebra. Para análise da produção matemática dos alunos, com foco, em especial, na linguagem algébrica, empregou-se a Teoria dos Registros de Representação Semiótica. O estudo revelou a importância da mobilização de diversos registros de modo a ofertar aos alunos com TEA uma estratégia para a superação das dificuldades relacionadas à linguagem e à capacidade de abstração.

Palavras-chave: Educação Matemática. Álgebra. Prática de sala de aula. Inclusão.

Abstract

This article accrues from a research whose theme is the teaching of algebra to students with Autism Spectrum Disorder (ASD). The article's study object is to answer the following question: does the transition between the different registers of semiotic representation contribute to the learning of algebra of students with ASD? In order to do so, the records of four students with ASD, enrolled in the eighth year of a private teaching institution, from the city of Itajubá/MG, were taken into account after interventions that aimed to introduce concepts related to algebra. The Theory of the Registers of Semiotic Representation was used in the analysis of the mathematical production of the students, focusing especially in the algebraic language. The study revealed the importance of the mobilization of several records, in order to

¹ Mestre em Educação em Ciências: Programa de Pós-Graduação em Ciências da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) – E-mail: mateus.francisco04@gmail.com

² Doutora em Psicologia: Professora Adjunta da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) junto aos cursos de Licenciatura e da Pós-Graduação em Educação em Ciências – E-mail: deferraz@unifei.edu.br

³ Doutora em Educação: Professora Adjunta da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) junto ao curso de Licenciatura em Matemática e da Pós-Graduação em Educação em Ciências – E-mail: limatesco@unifei.edu.br

offer students with ASD a strategy for overcoming difficulties related to language and the capacity for abstraction.

Keywords: Mathematics Education. Algebra. Classroom practice. Inclusion.

Introdução

A escola é um espaço fundamentalmente propício para a construção de uma sociedade inclusiva (ZANIOLO; DALL'ACQUA, 2012). Entretanto, a constituição de uma escola democrática e inclusiva exige uma postura reflexiva de todos que atuam em seu espaço. É preciso que haja uma postura que se distancie da negligência e da segregação em variados aspectos das ações desenvolvidas em seu âmbito. No entanto, esta não é uma tarefa trivial.

Diversas intervenções governamentais têm sido realizadas objetivando oferecer subsídios aos grupos minoritários, por meio de políticas públicas que possibilitem o debate da temática e o reconhecimento da inclusão como aspecto fundamental e necessário. Dentre os vários documentos que definem essas políticas, podem-se destacar a Constituição Federal Brasileira (BRASIL, 1998), a Declaração Mundial de Educação para Todos (UNESCO, 1990), a Declaração de Salamanca (BRASIL, 1994), a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (BRASIL, 1996), além de pesquisas (ZANIOLO; DALL'ACQUA, 2012) que reconhecem e defendem o respeito às diferenças e potencializam a valorização da diversidade.

Nesse contexto, cabe evidenciar o papel da Convenção sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência e da Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Lei nº 13.146/2015), sancionada recentemente, que, entre outras ações, também têm o intuito de fomentar a inclusão do Público Alvo da Educação Especial (PAEE) no ensino regular. Nesse cenário, o Brasil criou a Lei nº 12.764/2012, que fez vigorar a Política Nacional de Proteção aos Direitos da Pessoa com Transtorno do Espectro Autista (TEA), estabelecendo o bem-estar integral da pessoa com TEA na sociedade brasileira, buscando evitar qualquer forma de discriminação e reafirmando os direitos de cidadania desse grupo (VIANA, 2017).

Englobado em transtornos do neurodesenvolvimento, o TEA configura-se por déficits na comunicação, na interação social e no uso da imaginação. O diagnóstico considera uma variedade de aspectos que permitem avaliar o nível de gravidade, dentre os quais se podem citar a presença de padrões repetitivos de comportamento, interesses ou atividades (AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION, 2014). Aos diagnosticados com TEA, cabe considerar algumas dificuldades que podem se tornar evidentes, permeando o desenvolvimento da

linguagem, a interação social, a integração sensorial, o funcionamento motor e o processamento cognitivo (MOORE, 2005).

O trabalho de Mello et al. (2013) apresenta, como estimativa para a população de autistas no Brasil, valores próximos a 1,2 milhões de pessoas. Esses expressivos dados revelam e suscitam pesquisas que possam subsidiar ações que efetivem a Lei nº 12.764/2012, especialmente aquelas que se disponham a propor inovações no ensino e a promover reflexões sobre a prática pedagógica, como forma de oferecer uma educação de qualidade a alunos com autismo.

No campo da Matemática, encontra-se um espaço privilegiado de estudos. Conforme destacado por Duval (2009, p.13), “a aprendizagem das matemáticas constitui, em evidência, um campo de estudos privilegiado para a análise de atividades cognitivas fundamentais como a conceituação, o raciocínio, a resolução de problemas e mesmo a compreensão de textos”. Nesse contexto, o ensino da álgebra se coloca como um desafio tanto ao aluno com TEA quanto para os demais, pois sua aprendizagem exige o emprego de uma linguagem muito específica, essencial para o desenvolvimento do pensamento algébrico.

Imerso nesse contexto da linguagem e da representação de objetos matemáticos, esse artigo visa apresentar um recorte dos resultados de uma pesquisa, de cunho qualitativo, realizada em um Programa de Pós-Graduação de Educação em Ciências, que buscou compreender as potencialidades do trabalho com diferentes registros de representação semiótica para o desenvolvimento do pensamento algébrico em alunos com TEA. No entanto, o foco desse artigo será apresentar a análise dos resultados encontrados em experiências de uso de diferentes registros de representação semiótica para o ensino de álgebra para alunos com TEA.

O estabelecimento desse objetivo foi vinculado ao fato do filósofo e psicólogo francês Raymond Duval destacar a relevância e a necessidade de se atentar às representações semióticas no ensino de matemática. Para o autor, muitas dificuldades, estabelecidas como obstáculos para a aprendizagem matemática, podem estar vinculadas à questão da transição entre diferentes registros de representação semiótica.

Para alcançar o objetivo proposto, intervenções foram cuidadosamente planejadas de modo a captar, analisar e reagir ao pensamento dos alunos com TEA. Assim, foram propostas tarefas que propiciavam ao aluno o contato com diferentes registros de representação semiótica e que, também, incentivavam o trânsito entre estes registros, tendo em vista o pressuposto de

que é preciso transitar entre diferentes registros de representação semiótica para realmente se efetivar uma aprendizagem em matemática (PANTOJA; CAMPOS; SALCEDOS, 2013).

Este texto visa, então, apresentar uma análise dos resultados encontrados, sendo estruturado da seguinte forma: a primeira parte discorre sobre a Teoria dos Registros de Representações Semióticas de Raymond Duval; em seguida, são apresentados o detalhamento dos aspectos metodológicos da pesquisa e a análise dos principais resultados.

A Teoria dos Registros de Representações Semióticas de Raymond Duval

O filósofo e psicólogo francês Raymond Duval foi responsável por construir uma teoria que discute a necessidade do trabalho com diferentes representações dos objetos matemáticos, de modo a propiciar e/ou contribuir com o ensino e aprendizagem dos conceitos matemáticos.

A matemática estabelece uma forte relação com as formas e com a representação e tratamento dos seus objetos. Desse fato, no âmbito educacional, decorre que “as representações assumem um papel decisivo na aprendizagem e no ensino da matemática, muito importante e peculiar, haja vista, os objetos matemáticos serem de natureza abstrata” (PATRÍCIO, 2011, p. 32). Tais considerações apontam a necessidade de refletir sobre o papel das representações e sobre as consequências do trânsito entre elas.

Em sua Teoria dos Registros das Representações Semióticas (TRRS), Duval (2012) chama atenção para o fato de que diferentes representações são essenciais para o ensino da matemática, visto que “não há conhecimento que possa ser mobilizado por um sujeito sem uma atividade de representação” (DUVAL, 2009, p. 29). Tal consideração também se remete aos objetos matemáticos, que exigem representações de modo a serem compreendidos, como se destaca a seguir:

Os objetos matemáticos não estão diretamente acessíveis à percepção ou à experiência intuitiva imediata, como são objetos comumente ditos ‘reais’ ou ‘físicos’. É preciso, portanto, dar representantes. E por outro lado, a possibilidade de efetuar tratamento sobre os objetos matemáticos depende diretamente do sistema de representação semiótico utilizado. (DUVAL, 2012, p. 268)

Nesse contexto, “os registros semióticos são importantes não somente por se constituírem num sistema de comunicação, mas também por possibilitarem a organização de informações a respeito do objeto representado” (PANTOJA; CAMPOS; SALCEDOS, 2013, n.p.). Na concepção de Duval, os percalços na aprendizagem de conceitos matemáticos podem

estar associados à dificuldade de diferenciar o objeto matemático em si e sua representação. Sobre esse cuidado, o autor destaca que:

Uma escrita, uma notação, um símbolo representam um objeto matemático [...] não devem ser jamais confundidos com a representação que se faz dele. De fato, toda confusão acarreta, em mais ou menos a longo termo, uma perda de compreensão e os conhecimentos adquiridos tornam-se rapidamente inutilizáveis ao longo de seu contexto de aprendizagem. (DUVAL, 2012, p. 268)

Diante da importância das representações, assim como da necessidade de reconhecimento das dificuldades relativas à natureza delas, convém pontuar que o “funcionamento cognitivo do pensamento humano se revela inseparável da existência de uma diversidade de registros semióticos de representação” (DUVAL, 2012, p. 270). Portanto, este estudo tem uma relevância ainda maior quando estamos tratando do ensino de Matemática, especialmente do desenvolvimento do pensamento algébrico, para alunos com TEA, cuja linguagem pode ser afetada.

Os registros de representação semiótica e suas transformações

Duas transformações são abordadas por Duval em sua teoria, são elas: o tratamento e a conversão. O papel dessas definições, no contexto da Educação Matemática, justifica-se pelo fato de que:

Em matemática há uma multiplicidade de representações, ou seja, existem diversos registros, que possibilitam a mobilização simultânea de várias representações de um objeto e a troca entre essas representações, a qualquer momento, de acordo com a necessidade. A originalidade da atividade matemática está justamente nessas características. Sabe-se que em determinadas ocasiões um tipo de registro pode ser colocado em evidência, mas deve existir sempre a possibilidade de passar de um registro a outro. (PATRÍCIO, 2011, p. 38)

Um reconhecimento mais preciso dos tipos de representação semiótica na matemática permite um aprofundamento nos conceitos de tratamento e conversão. De forma sucinta, Duval (2008) promove uma classificação dessas representações, que podem ser analisadas no quadro a seguir.

Quadro 1 – Classificação dos tipos de representação semiótica

	Registros DISCURSIVOS	Registros NÃO DISCURSIVOS
Registros MULTIFUNCIONAIS:	Língua Natural Associações verbais (conceituais). Forma de raciocinar:	Figuras geométricas ou em perspectivas (configurações em dimensão 0, 1, 2 ou 3).

Os tratamentos não são algoritmizáveis	<ul style="list-style-type: none"> ● Argumentação a partir de observações, de crenças...; ● Dedução válida a partir de definição ou de teoremas. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Apreensão operatória e não somente perceptiva; ● Construção com instrumentos.
<p>Registros MONOFUNCIONAIS:</p> <p>Os tratamentos são principalmente algoritmos.</p>	<p>Sistema de escritas:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Numérica (binária, decimal, fracionária...); ● Algébricas; ● Simbólicas (línguas formais). <p>Cálculo</p>	<p>Gráficos cartesianos.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Mudança de sistema de coordenadas; ● Interpolação, extrapolação.

Fonte: DUVAL (2008, p. 14).

Segundo Duval (2012, p.272, grifos do autor), “**o tratamento** de uma representação é a transformação desta representação no mesmo registro onde ela foi formada. O tratamento é uma transformação interna a um registro”, enquanto a “**conversão** de uma representação é a transformação desta função em uma interpretação em outro registro, conservando a **totalidade** ou uma parte somente do conteúdo da representação inicial”. A partir do quadro anterior, podemos perceber que um único registro nunca será uma boa representação para um objeto matemático, pois

A análise do funcionamento cognitivo do pensamento exigida pela matemática mostra, ao contrário, a necessidade de uma mobilização simultânea e coordenada de diversos registros para poder compreender. A atividade matemática real não se limita jamais à utilização de um único registro. (DUVAL, 2011, p.116)

Em suma, as transformações semióticas apresentadas configuram-se como essenciais para a compreensão de conceitos matemáticos, em especial quando se tratam das conversões. Assim, o empreendimento na compreensão da Teoria dos Registros de Representação Semiótica configura-se como método que possibilita observar os fenômenos cognitivos no âmbito da atividade matemática, mas, para isso, exige a compreensão de mais um ponto chave da teoria, os fenômenos de congruência e não congruência.

Os fenômenos de congruência e não congruência na conversão

As conversões assumem um papel importante na aprendizagem em matemática. Entretanto, Duval (2015) salienta que os percalços relacionados com as conversões podem estar ligados com o fenômeno de congruência. Segundo Duval (2012, p. 99)

[...] entre uma relação de congruência semântica e uma relação de não-congruência, comanda o problema da significação em matemática: ela é corroborada por uma variação importante de custo no tratamento cognitivo. Certas dificuldades de aprendizagem matemática, aparentemente heterogêneas, encontram nesta perspectiva uma interpretação precisa e fecunda.

Portanto, algumas das dificuldades apresentadas pelos alunos podem estar vinculadas ao conceito de congruência. Nesse contexto, Duval (2009) destaca três critérios para que uma conversão seja congruente:

- Correspondência semântica dos elementos significantes: cada unidade significativa simples de uma das representações pode se associar a uma unidade significativa elementar.
- Univocidade semântica terminal: a cada unidade significativa elementar da representação da partida corresponde uma só unidade significativa elementar no registro de representação de chegada.
- Ordem dentro da organização das unidades compondo cada uma das duas representações: referindo-se à forma de apresentação de cada uma das representações.

Quando um desses critérios não é satisfeito, uma conversão é intitulada como não congruente. O autor destaca ainda que, quando a conversão é congruente, os alunos apresentam facilidade nas resoluções das atividades, o que evidentemente é contraposto pelas dificuldades ao se depararem com conversões não congruentes.

Aspectos metodológicos

Diante dos objetivos e do contexto apresentados, adotou-se uma abordagem qualitativa, que se preocupa com “aspectos da realidade que não podem ser quantificados, centrando-se na compreensão e explicação da dinâmica das relações sociais” (GERHARDT; SILVEIRA, 2009, p. 32). Além disso, o fato da proposta estar vinculada a uma escola com olhar diferenciado para os alunos que compõe o PAEE foi um fator que favoreceu o processo; portanto, julgamos pertinente também compreender essa pesquisa como estudo de caso. Segundo Gil (2008, p.57), o estudo de caso “é caracterizado pelo estudo profundo e exaustivo de um ou de poucos objetos, de maneira a permitir o seu conhecimento amplo e detalhado”. A participação do pesquisador é reconhecida com ressalvas nesta abordagem

O papel do pesquisador tem relevância quando está pautado numa atuação crítica e criativa descrevendo, interpretando, explicando e encadeando evidências. Para ser

suficiente, o estudo de caso deve ter os limites entre ele e o fenômeno claramente determinados. (CUNHA; DEUS; MACIEL, 2010, p.5)

O planejamento das ações se faz fundamental para que a qualidade da pesquisa seja efetivada. Dessa forma, com intuito de efetivar a inclusão de quatro alunos com TEA de uma escola privada do município de Itajubá/MG, todos matriculados no 8º ano do Ensino Fundamental, foi elaborado um conjunto de atividades que atenderiam suas especificidades, mas que, ao mesmo tempo, teriam como objetivo desenvolver o pensamento algébrico de todos os demais alunos da classe.

Tais atividades foram desenvolvidas em um total de 26 aulas. O pesquisador, então professor da turma, realizou uma série de observações e anotações dos registros dos alunos e fez uma série de observações e anotações em relação aos comentários que ocorreram durante as aulas e nos momentos de socialização. O trabalho englobou dinâmicas que exigiram o trabalho individual e coletivo, promovendo uma inserção harmônica de todos os alunos, inclusive os com TEA.

No planejamento das atividades, de modo a auxiliar a interpretação, foram confeccionados enunciados curtos e objetivos. Ao mesmo tempo, no intuito de favorecer o pensamento e a visualização, foram incorporadas ferramentas virtuais. Essas características também serviram para despertar o interesse dos alunos. Foram previstos, também, momentos para a socialização de resultados, como uma oportunidade de fomentar o desenvolvimento da comunicação dos alunos.

Para a promoção da análise, procedeu-se ao isolamento e ao reconhecimento das unidades de sentido matematicamente pertinentes no âmbito dos registros de representação utilizados pelos alunos, tendo em vista que

Para analisar as atividades matemáticas organizadas com objetivo de aprendizagem ou de formação, é preciso, portanto, poder considerar todos os registros utilizados em matemática. Assim, para analisar uma resolução de problemas, não podemos privilegiar o registro no qual fazemos os tratamentos matemáticos que resolvem o problema. A mobilização dos outros registros relativos aos dados do problema, a maneira pela qual eles são representados é também essencial. (DUVAL, 2011, p. 116)

Assim, destaca-se a importância de fomentar atividades que considerem a conversão de representações.

Análise dos principais resultados

De modo a preservar a identidade dos alunos, ao longo desta análise, eles serão denominados por Aluno A, B, C e D. Os dois primeiros do sexo masculino e as últimas, do sexo feminino.

Para iniciar os trabalhos, os alunos foram convidados a resgatar os conceitos de álgebra trabalhos na série anterior, série que permitiu a construção de conceitos relacionados com o conteúdo de equações do 1º grau. Sendo assim, foi disponibilizada uma proposta de transitar entre os meios de representação, com uma revisão da linguagem algébrica, a qual permitiu obter o resultado apresentado no Quadro 2.

Quadro 2 – Síntese das respostas dos alunos – Atividades de Conversão

Item	Aluno A	Aluno B	Aluna C	Aluna D
Adição de dois números reais quaisquer.	$X+X$	$a+\tilde{f}$	$5-3=2$	$x+y$
Diferença de dois números reais quaisquer.	$X-X$	$A \neq B$	<u>não lembro</u>	$X-Y$
Quadrado de um número real qualquer	X^2	a^2	8^2	X^2
Quadrado da soma de dois números reais quaisquer	$X^2 + X^2$	$a+b$	$2^2 + 2^2$	$X^2 + Y^2$
Produto de dois números reais quaisquer	$X \cdot X$	$F+G$	<u>não lembro</u>	$X \cdot Y$
Produto da soma pela diferença entre dois números reais quaisquer	$(X+) \cdot (X-)$	$F-G$	<u>não lembro</u>	$X \cdot Y + X \cdot Y$

Fonte: Registros dos alunos participantes da pesquisa.

Pela análise do Quadro 2, podemos inferir que os conceitos de diferença e produto não estão claros a todos os alunos com TEA, em especial aos alunos B e C. Como forma de efetivar tal argumentação, consideremos o fato do aluno B associar o conceito diferença ao símbolo de

diferença (\neq) e a aluna C, ao se deparar com situações que envolvesse algum desses conceitos, assinalou que não se lembrava.

A aluna C também não compreendeu o que foi solicitado na questão, em que sua consigna solicitava o uso de letras. Retomando os aspectos do autismo, verifica-se que esses alunos podem ter demonstrado dificuldade devido a rigidez dos pensamentos exigidos pela atividade, além da dificuldade deles em flexibilizar seu raciocínio matemático, especialmente em relação ao pensamento algébrico. Esta dificuldade pode ser relacionada com a dificuldade em criar, de associar palavras ao seu significado, compreender a língua falada e generalizar a aprendizagem (GOMES, 2007).

Em relação à congruência das transformações, fica evidente nos itens iniciais um maior índice de acertos em comparação com os itens finais, visto que estes não respeitam o fenômeno da congruência. Destaca-se que esses problemas se referem especificamente às mudanças de registro e, de certa forma, são previsíveis.

Para exemplificação, vamos analisar uma das propostas apresentadas aos alunos e sua representação algébrica:

Produto da soma pela diferença entre dois números reais quaisquer	→	$(x + y) \cdot (x - y)$
--	---	-------------------------

Duval (2009, p. 68) considera unidade significativa elementar como toda unidade que se destaca do “léxico” de um registro. Neste caso, a unidade significativa “produto”, que aparece em primeiro lugar na língua natural, aparece após a soma de dois números reais na linguagem algébrica. O fenômeno da não congruência, nesse caso, decorre da falta de “possibilidade de uma correspondência semântica dos elementos significantes” (DUVAL, 2009, p.68).

De modo a valorizar o desenvolvimento do pensamento algébrico, aborda-se a generalização de situações que envolvem padrões. Tais atividades contribuem significativamente para aprendizado de alunos autistas, visto que possibilitam conduzir situações de abstração de forma mais adequada a eles, pois

Este tipo de tarefa poderá ser um veículo poderoso para a compreensão de relações entre quantidades e, também, constituir uma forma concreta e transparente de os alunos começarem a debater-se com as noções de generalizações e abstração. Espera-se ainda que, através desta abordagem, sejam capazes de mais facilmente atribuir significado à linguagem e ao simbolismo usados na álgebra. (BARBOSA; VALE, 2013, p. 3073)

De modo a possibilitar tal demanda, foi proposta inicialmente à análise de três situações que permitiam sintetizar os padrões por meio de uma fórmula, como podemos visualizar no Quadro 3, apresentado a seguir.

Quadro 3 – Promovendo generalização, Atividades propostas

SITUAÇÃO 1	
Objetivo: Diante a sequência abaixo, obter uma fórmula que permita relacionar o número de palitos com o número de triângulo em cada figura.	
 1 triângulo	 2 triângulos
 3 triângulos	 4 triângulos
SITUAÇÃO 2	
Objetivo: Dada uma sequência de figuras, determinar uma fórmula para expressar o número de bolinhas de uma determinada figura.	
 1	 2
 3	 4
 5	
SITUAÇÃO 3	
Objetivo: Semelhante à situação 2, obter uma fórmula que determine o número de bolinhas de uma determinada figura.	
 2	 6
 12	 20

Fonte: Atividade adaptada de Imenes e Lellis vol. 7 (2012).

A opção por uma proposta de atividade que prevê a análise dos padrões por meio da sequência de figuras se deve ao fato de os alunos autistas possuírem um “pensamento visual”, isso implica que seus raciocínios são estimulados pela utilização de imagens e sistemas visuais (GOMES, 2007). Em análise após aplicação da atividade, foi possível refletir que a multiplicidade de registros, como exposto nas situações anteriores, poderia ser um complicador aos alunos com TEA.

Tal multiplicidade se refere ao fato de que, na primeira situação, as figuras são ordenadas de acordo com a quantidade de triângulos, na segunda, de acordo com a posição e na terceira, de acordo com a quantidade de bolinhas. Entretanto, para a condução de uma generalização, foi apresentada uma organização tabular que permitisse perceber o que estava

acontecendo de uma figura para outra, uma representação auxiliar de transição, que conduziu o pensamento dos alunos e evitou estes empecilhos. Mais uma vez, o trânsito entre diversos registros se mostrou um caminho fértil para a aprendizagem de todos.

Essa organização tabular permitiu um melhor direcionamento à conclusão esperada, sendo introduzida de forma intencional de modo a contribuir especialmente aos alunos com TEA. Vejamos, a seguir, como conduziu o aluno A na situação 1.

Figura 1 – Registro do aluno A na Situação 1

Com base nas figuras acima, complete a tabela:

Número de Triângulos	Número de Palitos
1	3) + 2
2	5) + 2
3	7) + 2
4	9) + 2
5	11) + 2
15	31) + 20
20	41) + 10

Fonte: Registros do aluno A.

O aluno percebe que há um aumento de duas unidades de uma figura para outra, isso o auxiliou na generalização de uma fórmula que relaciona a quantidade de palitos (p) com o número de triângulos (t) da figura:

Figura 2 – Registro do aluno A na Situação 1

$$p = 2t + 1$$

Fonte: Registros do aluno A.

Para tal expressão, o aluno A destaca as mesmas observações que foram realizadas pelas alunas C e D, vejamos o que aponta um deles:

Figura 3 – Registro da aluna C na Situação 1

Logo percebi que eu tinha que multiplicar por 2 e depois somar 1 e assim eu obtinha um número.

Fonte: Registros da aluna C.

Durante toda a atividade, pode-se perceber a utilização constante da linguagem natural para expressar as conclusões e certa dificuldade em direcioná-las de modo algébrico. Convém destacar que a utilização dessa forma de expressar seus resultados não evidencia a premissa que os alunos estão com dificuldade de generalizar, pelo contrário, a maioria conseguiu identificar e apontar adequadamente o comportamento estabelecido pelas figuras. Isso denota que

A linguagem natural não pode estar em oposição de modo simples e global à linguagem lógico-matemática e às representações figurais ou gráficas: a verdadeira fronteira, aquela que bloqueia muitos alunos, é a congruência e a não-congruência semântica no jogo da substituição de uma expressão a outra, ou de uma representação a outra. (DUVAL, 2012, p. 116)

Quanto ao emprego da linguagem natural, destaca-se ainda o que afirmam Fiorentini, Miguel e Miorim (1993, p. 88): “[...] não existe uma única forma de se expressar o pensamento algébrico. Ele pode expressar-se através da linguagem natural, através da linguagem aritmética, através da linguagem geométrica ou através da criação de uma linguagem específica para esse fim”.

Os resultados suscitaram reflexões por parte do pesquisador quanto aos equívocos que promoveram implicações na qualidade da aprendizagem dos alunos com TEA. A primeira ponderação a ser feita refere-se ao planejamento, que não levou em conta o fenômeno da congruência. Assim, foi possível notar que várias dificuldades apresentadas pelos alunos, especialmente os alunos com TEA, se devem a esse fenômeno.

Cabe ressaltar que não se trata de privar os alunos do contato com situações em que apareça o fenômeno de não congruência, pois Duval (2009) aponta a relevância do trabalho com esse fenômeno para a aprendizagem em matemática. Porém, percebe-se que em atividades iniciais, especialmente quando se tem alunos com TEA, é necessário ter um cuidado para que não se construam barreiras que, posteriormente, podem ser difíceis de transpor. Como destaca Duval (2009, p. 122) “a dificuldade das conversões reflete a distância cognitiva que separa as representações de um mesmo objeto em dois registros diferentes”, portanto, todo cuidado com a congruência deve beneficiar o trabalho com os alunos, promovendo um nível de dificuldade crescente ao longo das atividades e, principalmente, discutindo com os alunos o próprio fenômeno e chamando a atenção deles para os cuidados necessários.

A multiplicidade de representações adotadas nas situações que exigiam generalizações não se constituiu como outro problema do planejamento em decorrência do oferecimento das tabelas auxiliares de transição. Essas tabelas poderiam, talvez, ser empregadas de modo mais restrito, permitindo aos alunos a adoção de um método próprio para a generalização. Mas,

devido à necessidade de se promover uma organização que auxilie o pensamento do aluno com TEA (BIANCHI, 2017), o pesquisador considerou-as adequadas para a atividade. Há, certamente, uma concordância quando Duval (2009, p. 130) aponta que essas tabelas devem ser “abandonadas pelos alunos logo que eles compreenderem, pois sua utilização lhes parece um procedimento lento e custoso”.

Em relação aos registros discursivos, todos os alunos se apropriaram da língua natural de modo a exprimir suas conclusões, que foram obtidas pela análise dos registros escritos. Como se pode ver durante a análise, Duval destaca o papel da língua natural, especificamente ao fato de ela ser multifuncional. Cabe ainda destacar que

Mesmo aceitando que a língua natural seja um registro, deve-se precisar de maneira explícita que [...] se trata de um registro muito mais complexo do que os outros normalmente considerados e citados. Em primeiro lugar, esse registro permite funcionamentos discursivos (e, portanto, tratamentos) muito heterogêneos. Existe um funcionamento espontâneo que é o das conversões, narrativo, das discussões, das argumentações e existe um funcionamento especializado que se encontra, por exemplo, no raciocínio matemático dedutivo e que é completamente diferente (D'AMORE; PINILLA; IORI, 2015, p. 145)

De fato, tais argumentações permitem compreender que, diante de um trabalho recém-iniciado, é comum a elaboração de conclusões com a utilização da língua natural que, por sua vez, é uma forma de se expressar mais confortável, visto que eles ainda estavam aperfeiçoando a sua linguagem algébrica. Portanto, a linguagem natural será empregada para a descrição de objetos, assim como para expressar as generalizações, como se viu nas análises. Espera-se, entretanto, que a apropriação da linguagem algébrica se concretize no andamento das atividades posteriores.

De modo a apresentar de forma resumida as mobilizações de registros realizadas nessas primeiras atividades, alguns resultados foram sintetizados no Quadro 4, no qual as conversões estão sendo retratadas por setas segmentadas e os tratamentos estão sendo representados por setas contínuas. Convém destacar que as mobilizações de gráficos cartesianos não se aplicam ao contexto observado, visto que as atividades não possuíam o objetivo de promover tal transição.

Quadro 4 – Exemplos de mobilizações realizadas pelos alunos nos diferentes registros das atividades 1 e 2

	Registros DISCURSIVOS		Registros NÃO DISCURSIVOS																						
<p>Registros MULTIFUNCIONAIS: Os tratamentos não são algoritmizáveis</p>	<p>“Pense num número de um a dez. Multiplique por três e some cinco. Divida por dois e some mais quatro”</p>	<p>“Logo que chequei no 10 percebi que o número está na figura era para ser multiplicado por 2 e logo depois tinha que tirar 1” (Aluna C)</p>																							
<p>Representações auxiliares da transição</p>		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Figura</th> <th>Número de Bolinhas</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>3</td><td>5</td></tr> <tr><td>4</td><td>7</td></tr> <tr><td>5</td><td>9</td></tr> <tr><td>6</td><td>11</td></tr> <tr><td>10</td><td>19</td></tr> <tr><td>20</td><td>37</td></tr> <tr><td>100</td><td>199</td></tr> <tr><td>n</td><td>$2 \cdot n - 1$</td></tr> </tbody> </table>	Figura	Número de Bolinhas	1	1	2	3	3	5	4	7	5	9	6	11	10	19	20	37	100	199	n	$2 \cdot n - 1$	
Figura	Número de Bolinhas																								
1	1																								
2	3																								
3	5																								
4	7																								
5	9																								
6	11																								
10	19																								
20	37																								
100	199																								
n	$2 \cdot n - 1$																								
<p>Registros MONOFUNCIONAIS: Os tratamentos são principalmente algoritmos.</p>	$\frac{3x + 5}{2} + 4$ \downarrow $\frac{3 \cdot 5 + 5}{2} + 4 = 14$	$b = 2 \cdot n - 1$	<p>Não houve mobilização de gráficos cartesianos no âmbito dessa proposta.</p>																						

Fonte: elaborado pelo autor, com base nos resultados dos alunos participantes da pesquisa e inspirado nos trabalhos de Duval (2011).

Considerações finais

Quando nos perguntamos se a transição entre os diferentes registros de representação semiótica poderia contribuir para a aprendizagem de álgebra de alunos com TEA, buscávamos indícios de que o trabalho com múltiplos registros ampliaria a compreensão matemática e o desenvolvimento do pensamento algébrico dos todos os alunos, especialmente dos alunos com TEA.

Diante dos resultados apresentados, podemos afirmar que quando nos limitamos ao trabalho com um único registro, não se estabelece uma real compreensão dos conceitos ligados à álgebra. Os alunos com TEA, sujeitos desta pesquisa, quando imersos em situações envolvendo análise de padrões e generalizações, desenvolvidas tanto com apoio visual quanto de representações tabulares, ao mobilizarem mais do que um único registro, puderam construir os conceitos pretendidos nas atividades. Esses conceitos, se mal compreendidos, certamente iriam estabelecer barreiras para futuras aprendizagens no campo da álgebra. O processo vivenciado mostrou que isso seria inevitável se estes conceitos fossem tratados simplesmente de forma algébrica.

Esta pesquisa revelou, ainda, que muitas das dificuldades demonstradas nas aulas de matemática, especialmente no ensino de álgebra, podem estar relacionadas com o fenômeno da congruência, o qual interfere na compreensão de determinado objeto matemático. Para superar estas dificuldades, é necessário que o aluno tenha a oportunidade de compreender que um determinado objeto matemático não está limitado à sua representação.

Além da dificuldade com a linguagem, outro ponto preocupante é a limitação no processo de abstração e como ela afeta a aprendizagem de conteúdos vinculados à álgebra. Assim, vale destacar que, para alunos com TEA, o uso da língua natural para sintetizar as considerações acerca de um determinado conteúdo é um recurso muito importante a ser considerado pelo professor. Os resultados apontam indícios de que os alunos com TEA se sentem confortáveis quanto a este tipo de representação; então, este pode ser um caminho para que, no seu ritmo, eles possam atingir o nível de abstração necessária. Diante do trabalho realizado, pode-se perceber que, ao final desse processo, a assimilação da representação algébrica se fez presente, contribuindo para o desenvolvimento do pensamento algébrico.

O estudo revelou a importância da mobilização de diversos registros de modo a ofertar aos alunos com TEA estratégias para a superação das dificuldades relacionadas com a linguagem e a capacidade de abstração. Afinal, sabemos que os desafios que permeiam a inclusão de alunos com TEA são muitos, entretanto, não se pode deixar que as barreiras impostas pelo transtorno que os acomete se tornem justificativas para ficarmos inertes diante de tal situação. É necessária a promoção de ações que visem atender adequadamente a esse público para promover a sua educação de forma efetiva.

Quanto ao número crescente de casos de autismo, fica evidente a necessidade de estudos cada vez mais abrangentes, especialmente aqueles mais voltados para a prática de sala de aula, que possam responder às demandas educacionais suscitadas por esse público.

Referências

AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION. **Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais DSM-V**. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2014.

BIANCHI, R. C. **A educação de alunos com transtorno do espectro autista no ensino regular: desafios e possibilidades**. 2017. 126 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento e Análise de Políticas Públicas). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho, Franca, 2017.

BORRALHO, A.; CABRITA, I.; PALHARES, P.; VALE, I. Os Padrões no ensino e aprendizagem da Álgebra. *In*: VALE, I.; PIMENTEL, T.; BARBOSA, A.; FONSECA, L.; SANTOS L.; CANAVARRO, P. (Orgs), **Números e Álgebra**. Lisboa: SEM-SPCE, 2007, p.193-211.

D'AMORE, B.; PINILLA, M. I. F.; IORI, M. **Primeiros elementos de semiótica: sua presença e sua importância no processo de ensino-aprendizagem da matemática**. 1 ed. São Paulo: Livraria da Física, 2015. 183 p.

DUVAL, R. Registros de representação semiótica e funcionamento cognitivo do pensamento. **Revista Eletrônica de Educação Matemática**, Florianópolis, v. 7, n. 2, p. 266-297, 2012.

DUVAL, R. Registros de representação semiótica e funcionamento cognitivo da compreensão em Matemática. *In*: Machado, S. D. A. (Ed.). **Aprendizagem em Matemática: registros de representação semiótica**. São Paulo: Papirus, 2008, p.3-11.

DUVAL, R. **Semiósis e pensamento humano: registros semióticos e aprendizagens intelectuais**. 1 ed. São Paulo: Livraria da Física, 2009. 120 p.

DUVAL, R. **Ver e ensinar a matemática de outra forma: entrar no modo matemático de pensar: os registros de representação semiótica**. 1 ed. São Paulo: PROEM, 2011. 160 p.

GOMES, C. G. S. Autismo e ensino de habilidades acadêmicas: adição e subtração. **Revista Brasileira de Educação Especial**, Marília, v.13, p. 345-364, set-dez, 2007.

MELLO, A. M. et al. **Retratos do autismo no Brasil**. 1 ed. São Paulo: AMA, 2013. 178 p.

MOORE, S. T. **Síndrome de Asperger e a Escola Fundamental: soluções práticas para dificuldades acadêmicas e sociais**. 1 ed. São Paulo: Associação Mais 1, 2005. 204 p.

PANTOJA, L. F. L.; CAMPOS, N. F. S. C.; SALCEDOS, R. R. R. A Teoria dos Registros de Representações Semióticas e o Estudo de Sistemas de Equações Algébricas Lineares. *In*: VI CONGRESSO INTERNACIONAL DE ENSINO DA MATEMÁTICA. 2013, Canoas, RS. **Anais [...]**. ULBRA: Canoas, 2013.

PATRÍCIO, R. S. **As dificuldades relacionadas à aprendizagem do conceito de vetor à luz da teoria dos registros de representação semiótica**. 2011. 103f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemáticas). Instituto de Educação Matemática e Científica, Universidade Federal de Itajubá, 2011.

VIANA, E. A. **Situações didáticas de ensino da matemática: um estudo de caso de uma aluna com Transtorno do Espectro Autista**. 2017. 99f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2017.

ZANIOLO, L. O.; DALL'ACQUA, M. J. C.. **Inclusão escolar**: pesquisando políticas públicas, formação de professores e práticas pedagógicas. 1 ed. Jundiaí: Paco Editorial, 2012. 168 p.

Recebido em: 25 de abril de 2019.

Aprovado em: 28 de agosto de 2019.