

As relações entre a aprendizagem matemática e a aprendizagem de ciências naturais

Relations between mathematics learning and the learning of natural sciences

Endrigo Antunes MARTINS¹

Marta Maria Pontin DARSIE²

Resumo

A presente pesquisa teve como objetivo geral investigar a aprendizagem da Cinemática, ensinada na disciplina de Ciências Naturais, no 9º ano do Ensino Fundamental, e sua possível relação com a aprendizagem matemática. Realizamos a coleta de dados em três escolas estaduais de Cuiabá, através de questionários, entrevistas e testes (similares a avaliações em larga escala). Utilizando Ausubel (1980), Coll (1994; 2006), Moreira (2006), Moreira e Masini (1982) e Zabala (1998) como principais teóricos, realizamos as análises de maneira qualitativa, obtendo resultados que nos evidenciaram que os alunos apresentam algumas dificuldades de aprendizagem matemática, que comprometem as resoluções de situações-problema envolvendo a cinemática.

Palavras-chave: Aprendizagem Significativa. Aprendizagem da Cinemática. Ciências no Ensino Fundamental.

Abstract

The aim of this research was to investigate the learning of Kinematics taught in the discipline of Natural Sciences, in the 9th year of elementary school and its possible relation to mathematics learning. Data collection was conducted from three state schools in the city of Cuiabá – Mato Grosso - by means of questionnaires, interviews and tests (similar to large-scale assessments). With the aid of theories developed by Ausubel (1980), Coll (1994; 2006), Moreira (2006), Moreira and Masini (1982) and Zabala (1998), we conducted qualitative analyses and found that students present some difficulties in learning mathematics, which compromise resolutions of problem situations involving kinematics.

Keywords: Meaning Learning. Learning Kinematics. Science in Elementary Education.

-
- 1 Mestre em Educação. Professor efetivo da rede estadual de Ensino de Mato Grosso. Endereço profissional: Rua Eng. Edgar Prado Arze, 215 - CPA. CEP: 78049-909. Cuiabá-MT. Tel: (65) 3613-6300. Email: <endrigoam@gmail.com>.
 - 2 Doutora em Educação. Professora da UFMT. Professora pesquisadora do Programa de Pós-Graduação em Educação da UFMT desde 1999. Líder do grupo de estudos e pesquisas em Educação Matemática - GRUEPEM. Atualmente é Coordenadora Geral do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática - PPGCEM, doutorado da Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática - REAMEC; coordenadora do Projeto Observatório da Educação com foco em Matemática e iniciação às Ciências do Polo UFMT - Cuiabá. É pesquisadora na área de Educação, com ênfase em Ensino de Ciências e Matemática, atuando principalmente nos seguintes temas: educação matemática, formação de professores, avaliação da aprendizagem, metacognição e matemática, educação de jovens e adultos. Endereço profissional: Av. Fernando Corrêa da Costa, 2367, Boa Esperança. Cuiabá-MT. CEP: 78.060-900 – Tel.: (65) 3615-8431. Email: <marponda@uol.com.br>.

R. Educ. Públ.	Cuiabá	v. 24	n. 57	p. 703-722	set./dez. 2015
----------------	--------	-------	-------	------------	----------------

Introdução

O presente artigo é um breve recorte de uma dissertação de mestrado que buscou compreender as possíveis relações entre a aprendizagem dos conteúdos de Ciências Naturais com a aprendizagem matemática, em especial a Cinemática que se ensina no 9º ano do Ensino Fundamental. Surgiu a partir da minha experiência enquanto professor de Ciências Naturais em escolas da rede estadual do Mato Grosso, mais especificamente no 9º ano do Ensino Fundamental. Nos momentos em que eram propostos exercícios de Ciências Naturais (introdução à Física e Química) para serem resolvidos, constatei situações em que o aluno não conseguia avançar nas resoluções, por apresentar dificuldades matemáticas, tais como: resolução de operações com números decimais, frações, operações envolvendo proporcionalidade, dentre outras. No entanto, comecei a perceber a existência de uma razoável construção dos conceitos científicos, mas, na maioria das vezes em que se propunha uma situação-problema que envolvesse cálculos matemáticos, as dificuldades começavam a aparecer e, na maioria dos casos, os alunos acabavam desistindo de seguir adiante com as resoluções.

Diante disso, uma das consequências geradas a partir dessas dificuldades era o desinteresse por parte dos alunos, já que eles não conseguiam resolver essas situações problemas associadas aos cálculos matemáticos. Outra evidência que me chamou a atenção foram as queixas de muitos professores (de Química e Física, principalmente), com os quais trabalhava junto, reclamando que não conseguiam ensinar seus conteúdos porque os alunos não sabiam matemática.

Essa situação passou a ser minha preocupação e comecei a me interessar em responder possíveis questionamentos: O aluno sabe Matemática e não consegue transferir esse conhecimento para as Ciências Naturais? O aluno e/ou o professor não conseguem estabelecer uma relação entre a Matemática e as Ciências Naturais? Os alunos chegam ao final do Ensino Fundamental sem os conhecimentos necessários para resolução de problemas na área de Ciências Naturais? O não saber matemático implica em desinteresse na resolução de problemas na área de Ciências Naturais?

Outra situação que nos chamou a atenção foram algumas evidências identificadas nas pesquisas desenvolvidas pelo Projeto Observatório da Educação, com Foco em Matemática e Iniciação às Ciências, cujo objetivo geral compreende diagnosticar as maiores dificuldades em Matemática e Iniciação a Ciências de alunos da Educação Básica de escolas da rede pública de ensino, e realizar intervenções visando superar a problemática conceitual, procedimental e atitudinal em Matemática e Ciências, encontradas nos *locus* selecionados para atuação.

Na ocasião, os mestrandos do projeto estavam em processo de aplicação, tabulação e análise de um instrumento de avaliação em larga escala, ou seja, um simulado de Matemática, tendo como base os descritores da Prova Brasil, que são disponibilizados pelo INEP. Os resultados demonstraram que os números racionais se configuravam como um dos conteúdos de maior dificuldade por parte dos alunos, e este conteúdo era justamente o tipo de conhecimento que era solicitado dos alunos para resolverem a maior parte das questões que envolviam os conteúdos de Ciências Naturais do 9º ano. Em vista disso, apresentei-me ao Programa de Pós Graduação em Educação com um projeto de pesquisa, na qual buscava compreender melhor a relação existente entre a Matemática e as Ciências Naturais, em especial os conteúdos de 9º ano. O próximo passo foi conhecer a realidade das escolas nas quais haviam sido aplicados os simulados de Matemática e conhecer melhor os conteúdos trabalhados na disciplina de Ciências Naturais nas escolas em questão.

Após visitarmos as cinco escolas participantes do projeto, que possuíam turmas de 9º ano do Ensino Fundamental, tivemos a constatação de que todas adotaram o mesmo livro didático de Ciências e que os planejamentos anuais eram muito semelhantes, seguindo basicamente a sequência proposta pelo livro em questão. Diante disso, o conteúdo de Cinemática foi escolhido, pois seu ensino estava previsto para ocorrer em um período que coincidia com o nosso cronograma de coleta de dados, além de se tratar de um conteúdo que envolve a resolução de cálculos matemáticos.

Levando em consideração os dados obtidos junto ao Projeto Observatório, quanto às dificuldades de aprendizagem matemática, às análises dos livros e dos planejamentos das escolas participantes do projeto, e às experiências enquanto professor de Ciências Naturais, surgiu a questão principal da nossa investigação: Qual a relação entre a aprendizagem matemática e a aprendizagem em Ciências Naturais no 9º ano do Ensino Fundamental? Desse modo, tivemos como objetivo geral: Investigar a aprendizagem da Cinemática ensinada na disciplina de Ciências Naturais, no 9º ano do Ensino Fundamental, e sua possível relação com a aprendizagem matemática.

Optamos por realizar uma pesquisa descritiva com metodologia qualitativa de cunho interpretativo, uma vez que, conforme Bogdan; Biklen (1994, p. 47),

[...] tal metodologia permite, pelo seu caráter descritivo, um aprofundamento mais consistente e a melhor compreensão do fenômeno estudado, além de ser uma abordagem que valoriza muito mais o processo do que o resultado, e utiliza o ambiente natural como fonte direta para coleta de dados.

Nossos sujeitos foram, inicialmente, duzentos e trinta e nove alunos de três escolas participantes do Projeto Observatório da Educação. Para esse montante de alunos, foram aplicados dois instrumentos de avaliação em larga escala (Teste 1 e Teste 2), cujos dados foram tabulados e analisados quanti-qualitativamente. A partir de critérios pré-estabelecidos, selecionamos três alunos para a realização de entrevistas (arguições) sobre os seus respectivos testes. Também realizamos a aplicação de questionários qualitativos e entrevistas semiestruturadas aos dois professores de Ciências Naturais dos três alunos que foram nossos sujeitos.

O ensino de Ciências Naturais: a Aprendizagem Significativa e os Conhecimentos Prévios

Seguindo linhas de pensamento próximas às de Piaget e Vygotsky, David Ausubel (1918-2008) propôs a Teoria da Assimilação ou Teoria da Aprendizagem Significativa, de acordo com a releitura de Moreira (2006). Tal teoria leva em consideração os conhecimentos prévios do sujeito para a construção de novos conhecimentos, uma vez que a ideia central da teoria da Aprendizagem Significativa é a de que “[...] o fator isolado mais importante influenciando a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe” (NOVAK, 1977 apud MOREIRA; MASINI, 1982, p.7). A partir daí, a aprendizagem se tornaria muito mais significativa, na medida em que os novos conhecimentos fossem incorporados às estruturas de conhecimento do sujeito, adquirindo significado a partir da relação com o seu conhecimento prévio.

Assim como Piaget e Vygotsky, Ausubel formulou um termo para se referir aos conhecimentos prévios, os quais denominou conceito subsunçor ou, simplesmente, subsunçor. Tal conceito seria uma

[...] ideia-âncora, ou ideia (conceito ou proposição) mais ampla, que funciona como subordinador de outros conceitos na estrutura cognitiva e como ancoradouro no processo de assimilação. Como resultado dessa interação (ancoragem), o próprio subsunçor é modificado e diferenciado. (MOREIRA; MASINI, 1982, p. 104).

Sendo assim, o processo de aprendizagem significativa ocorre quando os novos conhecimentos interagem com os subsunçores, ancorando-se nos conceitos preexistentes na estrutura cognitiva do indivíduo.

Caso essa interação não ocorra, a aprendizagem acontecerá de forma mecânica ou automática, sendo armazenada na memória de forma isolada ou

através de associações arbitrárias. Ausubel, Novak e Hanesian (1980) definem a aprendizagem automática (mecânica) como sendo aquela que:

[...] ocorre se a tarefa consistir de associações puramente arbitrárias, como na associação de pares, quebra-cabeça, labirinto, ou aprendizagens de séries e quando falta ao aluno o conhecimento prévio relevante necessário para tornar a tarefa potencialmente significativa, e também (independente do potencial significativo contido na tarefa) se o aluno adota uma estratégia apenas para internalizá-la de uma forma arbitrária, literal (por exemplo, como uma série arbitrária de palavras). (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 23).

Na interpretação de Moreirae Masini (1982, p. 9), a aprendizagem mecânica é:

[...] a aprendizagem de novas informações com pouca ou nenhuma associação com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva. Nesse caso, a nova informação é armazenada de maneira arbitrária. Não há interação entre a nova informação e aquela já armazenada. O conhecimento assim adquirido fica arbitrariamente distribuído na estrutura cognitiva sem ligar-se a conceitos subsunçores específicos.

Um bom exemplo de aprendizagem mecânica, dentro do contexto da nossa pesquisa, seria a memorização das leis, dos conceitos e das fórmulas utilizadas na Física, além da resolução de cálculos matemáticos de maneira arbitrária e automática. Muitas vezes, o aluno *decora* fórmulas e conceitos e aprende a manipular os algoritmos matemáticos por repetição, sem necessariamente compreender ou atribuir um significado ao que está fazendo.

Partindo do princípio de que a aprendizagem significativa é a melhor escolha em relação à aprendizagem mecânica, o que fazer quando os subsunçores não existirem? Ausubel defende a ideia de que existe uma relação de *continuum* entre a aprendizagem mecânica e a significativa. Sendo assim, em situações de ausência de subsunçores, podemos concluir que:

[...] a aprendizagem mecânica é sempre necessária quando o indivíduo adquire informação numa área de conhecimento completamente nova para ele. Isto é, a aprendizagem mecânica ocorre até que alguns elementos de conhecimento,

relevantes a novas informações na mesma área, existam na estrutura cognitiva e possam servir de subsunçores, ainda que pouco elaborados. (MOREIRA; MASINI, 1982, p.10).

Ainda na tentativa de compreender como os subsunçores se desenvolvem, outra explicação plausível seria o fato de as crianças pequenas adquirirem conceitos principalmente através de um processo denominado formação de conceitos. Ao chegarem à idade escolar, as crianças, na sua maioria, já trazem certo número de conceitos que possibilitam a aprendizagem significativa por recepção. Segundo Ausubel, Novak e Hanesian (1980), a aprendizagem receptiva é quando:

[...] todo o conteúdo do que se deve ser aprendido é apresentado ao aprendiz em forma mais ou menos final. Relaciona-se com o *continuum* recepção versus descoberta como distinto do *continuum* aprendizagem mecânica versus aprendizagem significativa. (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 521).

Diferentemente do processo de aprendizagem por recepção, também é possível apresentar novos conteúdos de forma não acabada, o que caracteriza a aprendizagem por descoberta, definida por Ausubel, Novak e Hanesian (1980, p. 521) como “[...] um tipo de aprendizagem na qual o conteúdo principal do que se deve ser aprendido não é dado (ou apresentando), mas deve ser descoberto pelo aluno antes que ele possa assimilá-lo à sua estrutura cognitiva”.

A partir do momento em que certos conceitos passam a fazer parte da estrutura cognitiva da criança, os novos conceitos serão, na maioria das vezes, adquiridos por assimilação de conceitos, na qual “[...] a aquisição de um novo conceito apresentado por meio de aprendizagem receptiva é apresentado ao aprendiz por meio de seus atributos criteriosais, por definição ou por contexto” (MOREIRA; MASINI, 1982, p.102).

Por outro lado, Ausubel propõe a utilização do que ele chama de organizadores prévios para o desenvolvimento de subsunçores. O objetivo do seu uso é tentar manipular a estrutura cognitiva e, conseqüentemente, facilitar a aprendizagem significativa e, a partir do seu uso, espera-se reduzir ou superar a distância entre o que o aluno já sabe e aquilo que ele precisa saber. Os organizadores prévios podem ser do tipo *expositório*, quando se tratar de um conteúdo totalmente desconhecido ao aluno, ou do tipo *comparativo*, quando se tratar de conteúdos já familiares ao aluno. Quaisquer que sejam os tipos de organizadores prévios, suas utilizações “[...] devem ser mais efetivas do que simples comparações introdutórias entre o material novo e o já conhecido” (MOREIRA; MASINI, 1982, p. 12).

Desta forma, compreendemos que a aprendizagem significativa ocorrerá quando o conteúdo apresentado “[...] se relacionar de forma não arbitrária e substantiva (não literal), uma nova informação a outras com as quais o aluno já esteja familiarizado e quando o aluno adota uma estratégia correspondente para assim proceder” (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 23). Por mais significativo que seja o conteúdo que o professor esteja trabalhando, se o aluno estiver intencionado a simplesmente memorizá-lo, a aprendizagem se dará de forma mecânica e sem significado.

Procedimentos de coleta e análise dos dados

Para a coleta de dados, utilizamos dois testes (T1 e T2) que foram construídos a partir de questões de Cinemática (tendo como base o livro didático adotado pelas três escolas investigadas). O T1 abordou apenas conceitos de Cinemática, enquanto que o T2 abordou questões que solicitavam a resolução de cálculos matemáticos. Ambos os testes eram de múltipla escolha (quatro alternativas), sendo cada um composto por dez questões. No T2, além das alternativas a serem escolhidas, estava presente a fórmula matemática a ser utilizada ($\Delta S = V_m \cdot \Delta t$, por exemplo). No início dos testes, havia legendas informando o significado das simbologias utilizadas (Δ = variação; S = posição, etc.).

Os testes T1 e T2 foram aplicados em um mesmo dia para cada turma de 9º ano, sendo que ocorreram em diferentes datas para as doze turmas investigadas, utilizando-se das aulas duplas de Ciências Naturais. Tal aplicação seguiu o cronograma de aulas do professor e, a partir de um diálogo estabelecido, os professores de Ciências Naturais dos 9º anos, das turmas a serem avaliadas, nos ligaram e então agendamos as aplicações no decorrer da semana.

Em todas as turmas, antes da aplicação, realizamos um diálogo de aproximadamente quinze minutos, com a finalidade de explicar, de forma resumida e compreensível, os motivos que nos levaram a desenvolver esta pesquisa. Deixamos clara a nossa intenção de diagnosticar possíveis erros e relacioná-los com a matemática e que, por isso, era muito importante a necessidade da resolução dos cálculos matemáticos na própria folha do T2, assim como mantê-los e não apagá-los posteriormente. Também informamos que não tínhamos a intenção de classificar ou mensurar individualmente cada aluno, turma ou escola, sendo que os dados estatísticos que produziríamos serviriam unicamente para fins de pesquisa.

Por fim, foram explicadas algumas particularidades dos testes, como a existência das fórmulas para a resolução dos cálculos no T2 e a existência de legendas dos símbolos físicos, além de explicar, de forma sucinta, a respeito do

preenchimento do cartão-resposta. Todas essas explicações prévias seguiram um roteiro (em tópicos) para uma padronização dos diálogos, porém não executamos nenhum tipo de leitura ou algo semelhante. Apenas dialogamos com os alunos sobre tais características dos testes.

Após o diálogo, iniciamos a aplicação do T1 e, na medida em que os alunos foram terminando sua resolução, foi sendo entregue o cartão-resposta, que era composto com as alternativas de respostas tanto do T1 quanto do T2. Assim que o aluno terminava de transcrever as respostas do T1 no cartão-resposta, o mesmo era recolhido e o T2 era entregue. Quando este último era finalizado e suas respostas transcritas no cartão-resposta, ambos eram recolhidos (T2 e cartão-resposta). Em resumo, o aluno não ficava, em nenhum momento, com os dois testes em mãos.

Posteriormente à aplicação dos testes, realizamos a tabulação dos dados transcritos nos cartões-resposta, a fim de identificarmos quais os percentuais de acertos de cada aluno no T1 e no T2, além de identificarmos a porcentagem de alunos que realizaram a resolução dos cálculos matemáticos solicitados no T2 na própria folha do teste. Para tal, utilizamos o programa *Excel*[®], no qual configuramos as planilhas nas quais inserimos os dados em questão.

Após a coleta de dados com esse grande quantitativo de alunos(239), foram selecionados três alunos com os quais realizamos entrevistas sobre suas respectivas resoluções no T1 e T2, além de entrevistar também os seus dois professores de Ciências Naturais (um de cada escola).

Nos momentos das entrevistas, os alunos foram novamente colocados diante das suas provas (testes), que haviam realizado anteriormente, e os mesmos foram questionados a partir de roteiros prévios. Tais questionamentos visaram compreender se os acertos ocorreram juntamente com a aprendizagem, ou se foram meros resultados alcançados pelo tipo de avaliação (múltipla escolha). Do mesmo modo, se os erros eram acompanhados de não aprendizagem ou se os alunos teriam errado na alternativa de um conteúdo que haviam construído com conhecimentos a respeito. Diante dessas características de confrontação com a sua avaliação realizada em outro momento, as entrevistas adquiriram um teor de arguição.

Em relação aos professores, a entrevista não seguiu um roteiro prévio, assim como ocorreu com os alunos. A mesma ocorria partir de um diálogo desenvolvido com base nas respostas dadas, por escrito, em um questionário qualitativo que os mesmos haviam respondido antes da aplicação dos testes aos alunos. Na ocasião, a resposta dada pelo professor foi novamente lida e solicitamos ao mesmo que as comentasse e as explicasse de maneira argumentativa. Conforme suas respostas, procuramos debater os argumentos, a fim de obter maior clareza em relação à concepção acerca das relações entre as Ciências Naturais e a Matemática.

Nossa análise de dados teve como base duas perspectivas de aprendizagens: a aprendizagem mecânica e a significativa, baseadas na teoria da aprendizagem significativa, tendo Ausubel, Novak e Hanesian (1980) e Moreira e Masini (1982) como principais aportes teóricos. Realizamos uma associação dessa teoria com as ideias de aprendizagem dos conteúdos conceituais e procedimentais, tendo Coll (1994 e 2006) e Zabala (1998) como apoio teórico.

Diante disso, a presente pesquisa buscou aproximar as aprendizagens dos nossos alunos sujeitos com quatro categorias de análises, conforme descrevemos no Quadro 1:

Quadro 1 - Características das categorias de análise

Categorias	Subcategorias	Sigla
Aprendizagem Mecânica: Quando o conteúdo apresentado é memorizado pelo aluno sem qualquer significado.	Factual: quando o aluno sabe o significado dos conceitos, mas não os compreende. Por exemplo, o aluno sabe o significado da sigla m/s (metro por segundo), mas não consegue fazer uma relação entre essas grandezas (metro e segundo). O aluno aprendeu apenas os dados, mas sem atribuir significado aos mesmos.	AMF
	Procedimental: o aluno realiza as operações matemáticas que são solicitadas, mas não compreende o significado do que está fazendo, apenas faz por que lhe é dado o comando.	AMP
Aprendizagem Significativa Quando o conteúdo apresentado se relacionar de maneira não arbitrária e substantiva àquilo que o aluno já sabe, ou seja, relacionando-se à sua estrutura de conhecimento.	Conceitual: Quando o aluno compreende os conceitos e sabe relacioná-los entre si e dentro de um dado contexto. Por exemplo, o aluno compreende que 20 m/s significa que o móvel se desloca 20 m a cada segundo que se passa.	ASC
	Procedimental: Quando o aluno compreende os conceitos e sabe operacionalizar (calcular) matematicamente com os mesmos, além de compreender o porquê de se estar realizando aquele determinado cálculo matemático.	ASP

Fonte: Martins (2014, p. 99).

Pelo fato de iniciarmos a nossa produção de dados a partir de um instrumento que abrangeu um grande número de alunos (239), optamos em realizar ensaios quantitativos com os dados apresentados na tabulação dos mesmos. Um primeiro dado que nos chamou atenção foi a quantidade de 146 alunos (61,09%) que não apresentaram nenhum cálculo matemático no T2. Na ocasião, solicitamos aos alunos que realizassem as operações matemáticas nos espaços da própria folha do teste e os deixassem lá, independente das respostas que chegassem. No entanto, o que evidenciamos nos momentos da aplicação do Teste 2, foi um grande número de falas recorrentes que registramos em nosso caderno de campo, dentre os principais: *eu não sei matemática e não vou fazer, eu não gosto de matemática, eu não gosto de Ciências porque tem contas, é obrigado a fazer?, se colocar só as respostas vai considerar certo?* Além desses questionamentos e afirmações, evidenciamos que muitos dos alunos não tentaram fazer o teste e, até mesmo, preencheram os cartões-resposta diretamente, sem assinalar alternativas no teste.

Do total de alunos, apenas dez (5,02%) apresentaram tentativas de resolução dos cálculos nos T2. É importante dizer que todas as fórmulas matemáticas e os significados das simbologias utilizadas na Cinemática constavam no T2, cabendo ao aluno apenas organizar a operação matemática em questão, resolvê-la e assinalar a alternativa escolhida. Tais operações compreendiam divisões ou multiplicações com números inteiros e decimais, sendo que uma única questão abrangeu resolução de potência com expoente dois, o que não deixou de ser uma multiplicação simples.

Outras evidências que identificamos foram as graves dificuldades que os alunos apresentaram com relação à resolução das operações matemáticas que eram solicitadas no T2 (adição, subtração, multiplicação e divisão com números naturais e racionais). Por razões de manter o anonimato dos alunos que foram sujeitos desta pesquisa, os mesmos foram referenciados por nomes fictícios Geraldo, Valter e Tainá.

Geraldo foi, dos três sujeitos, o que apresentou possuir maior comprometimento com a execução dos testes, uma vez que apresentou todas as tentativas de cálculos, só escolheu aleatoriamente algumas alternativas após ter tentado fazer a questão em si, além de se dispor a realizar novamente todos os cálculos do T2 em uma folha que apresentava os algoritmos *puros*, ou seja, as contas armadas. Geraldo foi colocado novamente diante dos seus testes (T1 e T2) e solicitamos uma releitura das suas respostas assinaladas. Ao analisarmos suas falas, nesse momento de releitura, evidenciamos uma única situação em que a habilidade esperada na questão se aproximou de uma perspectiva de aprendizagem mecânica factual, sete momentos de

aproximação com a perspectiva de aprendizagem mecânica procedimental, vinte e cinco aproximações com a aprendizagem significativa conceitual e vinte e uma aproximações nas quais não foi possível evidenciar possíveis habilidades e, conseqüentemente, não realizamos nenhuma aproximação com as categorias de aprendizagens.

Tais impossibilidades se deram, ora por possíveis ausências de conhecimentos prévios acerca dos conceitos que estavam sendo abordados, ora por apresentar possíveis erros conceituais quanto a algum conceito da Cinemática. Com relação às habilidades que envolviam a realização de cálculos, foram três de um total de dez questões do T2, nas quais constatamos uma possível ausência de conhecimentos que permitissem a realização dos cálculos que eram solicitados em cada questão.

O aluno Valter, apesar de demonstrar muito interesse pela aprendizagem de um modo geral, foi o que mais demonstrou desinteresse e dificuldades relacionadas aos cálculos matemáticos que eram solicitados no T2. O mesmo evidenciou três situações em que se aproximou de uma perspectiva de aprendizagem factual, sete momentos de aproximação com a aprendizagem significativa conceitual e quarenta e oito situações em que não conseguimos evidenciar a existência de habilidades que nos permitissem aproximá-lo das nossas categorias de aprendizagem.

Esse alto número de habilidades não evidenciadas se deve ao fato de Valter não ter realizado nenhuma das resoluções de cálculos do T2, alegando que em todas elas realizou escolhas aleatórias. Além disso, não se dispôs a realizar os cálculos matemáticos a partir das contas armadas, alegando não saber Matemática suficiente para tal. Devido a isso, escolhemos por não aproximar Valter, em nenhuma das trinta e seis habilidades que eram esperadas no T2, com as nossas categorias de aprendizagens, inclusive as dez que eram exclusivamente voltadas às habilidades em realizar algum tipo de cálculo matemático.


Tainá, por sua vez, demonstrou ter realizado os testes com interesse e dedicação, porém, por diversas vezes, ao longo da nossa análise, confirmou ter escolhido as alternativas de resposta de maneira aleatória. Tais escolhas ocorreram, segundo Tainá, por não saber a resposta, mas que teria lido as questões e tentado respondê-las dentro dos seus limites de conhecimento. Nas questões do T2, Tainá relatou ter feito escolhas aleatórias, por não ter conseguido ir adiante com suas tentativas de resolução dos cálculos, que, aliás, apareceram em todas as questões do T2. Identificamos sete momentos em que as habilidades evidenciadas por Tainá se aproximaram de uma perspectiva de aprendizagem mecânica factual, duas situações de aproximação com a aprendizagem mecânica procedimental, dezesseis momentos de aproximação com a aprendizagem significativa conceitual e vinte e nove momentos nos quais não conseguimos identificar habilidades que nos permitissem aproximar de algumas das nossas perspectivas de aprendizagem.

Assim como ocorreu com Geraldo, essas impossibilidades se deram, ora por possíveis ausências de conhecimentos prévios acerca dos conceitos que estavam sendo abordados, ora por apresentar possíveis erros conceituais quanto a algum conceito da Cinemática. Com relação às habilidades que envolviam a realização de cálculos matemáticos, foram sete, de um total de dez ocorrências de situações em que não conseguimos evidenciá-las, devido ao fato de Tainá demonstrar não possuir conhecimentos que permitissem a realização dos cálculos que eram solicitados em cada questão.

Dentre os problemas mais graves, relacionados às aprendizagens matemáticas, a divisão, talvez, seja o mais crítico. Conforme podemos visualizar nas Figuras 1, 2 e 3, quando um dos valores envolvidos (dividendos, divisores ou coeficientes) eram números decimais, as dificuldades foram evidentes.

Na primeira situação (Figura 1), podemos observar que o aluno Geraldo ignorou o valor existente após a vírgula no dividendo (212,5) e a resolução como um todo não apresentou alguma lógica que conseguíssemos identificar, sendo que o próprio Geraldo, posteriormente, também não nos conseguiu explicar o que tentou fazer nesta resolução.

Figura 1 - Questão 1 do Teste 2

$$1) 212,5 \div 25 = 49$$


Fonte: Martins (2014, p. 145).

Já na segunda situação (Figura 2), podemos observar que Geraldo iniciou corretamente a divisão, mas, quando houve o indicativo de o quociente se tornar um número decimal, Geraldo deu o cálculo por encerrado, tendo como resposta o valor um.

Figura 2 - Questão 3 do Teste 2

3) $1700 \div 1000$ $\frac{1700}{1000} = 1,7$

R=1

Handwritten work:

$$\begin{array}{r} 1700 \overline{) 1700} \\ \underline{1000} \\ 000 \end{array}$$

Fonte: Martins (2014, p. 151).

Tainá, conforme vemos na Figura 3, identificou que o cálculo a ser realizado se tratava de uma divisão, porém a mesma não realizou o cálculo nesta questão e em nenhuma outra que solicitava esse tipo de cálculo (divisão).

Figura 3 - Questão 1 do Teste 2

- 1) Um carro percorre 212,5 m em 25 segundos. Qual a sua velocidade média?
- a) 8,5 m/s
- b) 85 m/s
- c) 5312 m/s
- d) 100 km/h
- Handwritten work:*

$$V_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{212,5}{25} =$$

Fonte: Martins (2014, p. 145).

E, quando passamos as *contas armadas* dos mesmos cálculos que eram solicitados no T2, Tainá se negou a resolver as divisões, alegando não saber fazê-las.

Outro erro comum que os alunos apresentaram diz respeito ao correto posicionamento da vírgula no produto de cálculo de multiplicação envolvendo coeficientes decimais. Foram várias as situações, conforme vemos exemplos nas Figuras 4 e 5, em que os alunos resolveram corretamente as multiplicações, mas não posicionaram a vírgula no produto. Na Figura 4, a resposta correta seria a alternativa “C” (25,2), porém, ao não posicionar corretamente a vírgula, o aluno assinalou incorretamente a alternativa “A” (252).

Figura 4 - Questão 5 do Teste 2

- 5) 7 m/s para km/h
- a) 252 km/h ;
- b) 2,52 km/h ;
- c) 25,2 km/h ;
- d) 0,252 km/h ;

$$\begin{array}{r} 4 \\ 3,6 \\ \times 7 \\ \hline 252 \end{array}$$

Fonte: Martins (2014, p. 154).

Da mesma maneira, na Figura 5, a resposta correta seria a alternativa “B” (2500), porém, ao não posicionar corretamente a vírgula, o aluno assinalou incorretamente a alternativa “C” (25000).

Figura 5 - Questão 4 do Teste 2

- 4) 2,5 km para metros
- a) 250 m;
- b) 2500 m;
- c) 25000 m;
- d) 25 m;

$$\begin{array}{r} 1000 \\ \times 2,5 \\ \hline 5000 \\ 2000 \\ \hline 25000 \end{array}$$

Fonte: Martins (2014, p. 153).

Outra importante constatação que obtivemos diz respeito ao fato de não termos aproximado nenhuma situação para com a perspectiva de aprendizagem significativa procedimental. Em todas as situações em que os alunos realizaram cálculos, seja corretamente, ou contendo pequenos erros, o mesmo ocorreu se aproximando de uma perspectiva de aprendizagem mecânica, sem compreender o porquê daquele cálculo, o significado do mesmo. Em nenhum momento evidenciamos situações nas quais o aluno sabia o porquê estava fazendo aquela divisão ou multiplicação em determinada questão.

Na análise qualitativa, realizada a partir do diálogo com os professores que foram sujeitos desta pesquisa, identificamos concepções de que a Matemática é um conhecimento prévio necessário para a aprendizagem de Cinemática e de

qualquer outro conteúdo da Física que seja *matematizado*, e que os alunos do 9º ano do Ensino Fundamental estão, em sua grande maioria, chegando a essa fase da educação básica com graves problemas de aprendizagem matemática.

Ao triangularmos dados das resoluções apresentadas pelos alunos em seus respectivos testes, suas falas, provenientes da arguição à qual foram submetidos, perante suas respostas dadas nos testes e as falas dos professores quanto às suas concepções, corroboramos algumas relações existentes entre a Cinemática e a Matemática.

Uma primeira relação seria a Matemática sendo utilizada apenas como instrumento de cálculo desassociado dos conceitos físicos, ou seja, a Matemática pela Matemática. Em algumas situações, os alunos realizaram os cálculos matemáticos corretamente, ou com pequenos erros, porém não compreendendo o porquê de se estar fazendo aquele cálculo. Por exemplo, em uma das questões, Geraldo realizou a multiplicação entre os valores correspondentes à velocidade média e o intervalo de tempo (720,5 km/h x 6 horas), porém, por demonstrar uma não compreensão do conceito Movimento Retilíneo Uniforme (MRU), o mesmo não foi capaz de explicar o porquê de se estar realizando aquela multiplicação, na qual o aluno deveria compreender que, pelo fato de o Movimento Retilíneo Uniforme (MRU) corresponder a um movimento com velocidade constante, o aumento do intervalo de deslocamento (variação de posição) aumentaria proporcionalmente ao intervalo de tempo (variação de tempo). Ao não compreender esse aumento proporcional e não compreender o conceito físico de MRU, o cálculo matemático deixou de ser um instrumento facilitador do processo de compreensão, no qual a fórmula deveria ser lida matematicamente e interpretada fisicamente. Quando dizemos matematicamente que $\Delta S = V_m \cdot \Delta t$, estamos querendo dizer que o intervalo de deslocamento, ou a distância percorrida em um movimento é igual a sua velocidade média (relação de distância percorrida com o tempo gasto para percorrê-la) multiplicada, ou seja, aumentando proporcionalmente ao intervalo de tempo (tempo de deslocamento). A partir do momento em que essa ideia de proporcionalidade não for compreendida pelo aluno, haverá uma aproximação para uma perspectiva de aprendizagem mecânica, ou seja, sem relacionar com conhecimentos prévios conceituais (velocidade média, intervalo de tempo e MRU).

Dessa forma, o aluno realizará o cálculo, não por compreender o significado do mesmo naquele contexto, mas, simplesmente por estar obedecendo a um comando dado, a uma sequência de ações que o professor havia passado. Nesse sentido, poderíamos compreender que o professor, mesmo que inconscientemente, estará desenvolvendo as ideias propostas por Pozo; Gomes-Crespo (2009, p. 54), as quais compreendem que, ao ensinar conteúdos curriculares procedimentais, o professor deve seguir uma sequência de fases que se inicia pelo treinamento técnico, que corresponderia em passar instruções detalhadas da sequência de

ações a serem realizadas (fórmula física) e, posteriormente, proporcionar a prática repetitiva para que o aluno automatizasse a sequência de ações (resolução de exercícios com cálculos). No entanto, a segunda fase dessa proposta compreende o treinamento estratégico, no qual o aluno adquire autonomia para enfrentar situações abertas, contextualizadas e de maior complexidade; onde o próprio aluno planeja, supervisiona e avalia a aplicação dos seus procedimentos. A questão que aqui não teremos condições de responder é: a fase do treinamento estratégico será contemplada em outros momentos da vida desses alunos, como por exemplo, no Ensino Médio ou Superior? O aluno do 9º ano do Ensino Fundamental não possui capacidades cognitivas que permitam o ensino procedimental na fase de treinamento estratégico? São questionamentos que poderão servir de embasamentos para futuras pesquisas; no entanto, a nossa pesquisa demonstrou que os professores Maria e José mediarão suas aulas de Cinemática contemplando apenas a fase do treinamento técnico.

Uma segunda relação seria o fato de os alunos compreenderem conceitos físicos por meio de conhecimentos matemáticos prévios. Em algumas situações, percebemos que os alunos não compreenderam o significado de determinados conceitos físicos por meio da linguagem formal, mas conseguiram visualizar e interpretar os mesmos conceitos através de uma representação matemática.

Para compreender melhor essa relação, vamos observar a análise que foi realizada em duas questões do Teste 1. Na questão de número sete, existia uma tabela que informava alguns dados sobre o MRU, conforme podemos visualizar na Tabela 1:

Tabela 1 – Exemplo de MRU existente na questão 7 do T1

Tempo (horas)	Posição (quilômetros)
0	0
1	60
2	120
3	180
4	240

Fonte: Martins (2014, p. 129).

Já, na questão oito do Teste 1, havia outra tabela que trazia informações sobre MRUV, conforme podemos observar na Tabela 2:

Tabela 2 – Exemplo de MRUV existente na questão 8 do T1

Tempo (segundos)	Velocidade (metros por segundo)
0	0
1	6
2	12
3	18
4	24

Fonte: Martins (2014, p. 129).

Geraldo e Tainá demonstraram não compreender os conceitos de MRU e MRUV por meio das alternativas contendo definições que eram trazidas no T1, mas, quando foram solicitados a interpretar essas duas tabelas existentes no T1, identificaram o aumento proporcional e, portanto, uniforme do deslocamento (MRU) e o aumento proporcional e, portanto, uniforme da velocidade (MRUV).

Diante disso, entendemos que, ao compreender essas proporcionalidades matemáticas que permeiam as fórmulas e conceitos físicos, a aprendizagem se torna potencialmente significativa para o aluno, pois o mesmo consegue relacioná-la com seus conhecimentos prévios já existentes em sua estrutura cognitiva e, conseqüentemente, a aprendizagem se torna significativa.

Por outro lado, ao não possuir conhecimentos matemáticos, a linguagem matemática deixa de ser um instrumento de compreensão de conceitos e passa, muitas vezes, a ser vista como algo que dificulta ainda mais a compreensão dos mesmos. Neste caso, podemos compreender o estabelecimento de uma terceira relação que seria a da não compreensão de conceitos físicos devido à falta de conhecimentos matemáticos prévios.

Na questão sete do T1, que acabamos de elucidar sobre as aprendizagens de Geraldo e Tainá, Valter demonstrou não ter certeza se o aumento de deslocamento estava ocorrendo de forma proporcional; no entanto, o seu aumento era na proporção de sessenta em sessenta (60, 120, 180 e 240). Ao não conseguir identificar essa proporcionalidade matemática, Valter demonstrou não compreender, por meio da linguagem matemática, que o MRU é composto por um movimento em que a velocidade é constante, o que faz com que o deslocamento ocorra de maneira uniforme dentro de um dado intervalo de tempo (horas, segundos).

Da mesma forma ocorreu na questão oito do T1, quando Valter também não conseguiu identificar a proporcionalidade que existia na tabela de MRUV. A mesma trazia informações de aumento de velocidade de maneira uniforme (proporcional), que ocorria em proporções de seis em seis a cada segundo (6, 12,

18 e 24). Valter não teve certeza para afirmar que o aumento de doze para dezoito e de dezoito para vinte e quatro era proporcional ao aumento de zero para seis e de seis para doze, o que nos deu indicativos de possíveis lacunas de aprendizagem matemáticas. Ao não identificar essa proporcionalidade, Valter demonstrou não compreender, por meio da linguagem matemática, de que o MRUV ocorre com um aumento proporcional (uniforme) de velocidade.

Uma quarta relação que podemos hipoteticamente deduzir é a de que a Matemática pode agir contrariamente no quesito motivação e interesse por aprender Cinemática. Isso nos foi demonstrado nas falas do aluno Valter, que alegou não ter tido interesse e motivação para realizar o T2, devido aos cálculos matemáticos que eram necessários se fazer. Nesse sentido, poderíamos supor que os alunos que chegam ao 9º ano do Ensino Fundamental apresentando lacunas de aprendizagens matemáticas, possivelmente possam apresentar desmotivações, desinteresses, medos e inseguranças quanto às aprendizagens de conteúdos da Cinemática. Não podemos generalizar, a partir das evidências obtidas de um único aluno, mas vale a pena lembrar que Valter faz parte de um montante de 190 alunos que não apresentaram nenhuma tentativa de resolução matemática no T2, o que corresponde a 79,5% do total de alunos que foram submetidos a essa avaliação em larga escala.

Considerações Finais

Em resposta ao nosso problema de pesquisa que buscou elucidar qual a relação entre a aprendizagem matemática e a aprendizagem em Ciências Naturais no 9º ano do Ensino Fundamental, em especial a Cinemática, concluímos que:

- A habilidade de realizar cálculos matemáticos envolvendo adição, subtração, divisão e multiplicação é um dos conhecimentos prévios fundamentais para a aprendizagem significativa de conteúdos da Cinemática, porém, são conhecimentos que se configuraram como problemáticos aos alunos que investigamos, demonstrados através de suas falas e nas tentativas de resoluções apresentados no T2 ou nas *contas armadas*, principalmente as divisões que envolviam números decimais;
- O uso da linguagem matemática para enunciar fenômenos relacionados ao movimento dos corpos físicos pode facilitar a compreensão de conceitos sobre tais fenômenos, porém, foram várias as situações em que os alunos demonstraram não compreender as simbologias utilizadas para construir fórmulas matemáticas que se aplicam aos fenômenos da Cinemática. Tais incompreensões fizeram com que a linguagem matemática deixasse de ser um facilitador da compreensão e passasse a ser vista negativamente por parte dos alunos;

- A existência de lacunas de aprendizagens matemáticas pode dificultar a compreensão significativa de conceitos físicos relacionados à Cinemática e, possivelmente, induzir ao desinteresse pela aprendizagem desses conteúdos, uma vez que uma quantidade significativa de alunos (61,09%) não apresentou tentativas de resolução matemática nas questões do T2.

Diante disso, compreendemos que as aprendizagens matemáticas passam a ter uma dupla importância relacionada às aprendizagens da Cinemática, pois, ao mesmo tempo em que podem potencializar tal aprendizagem, em situações em que houver possíveis lacunas, pode dificultar e possivelmente desmotivar o aluno em querer aprender tais conteúdos.

Nossas inquietações não foram respondidas por completo e, sendo assim, entendemos que há muito ainda o que se estudar para que possamos compreender melhor essas relações. Após as análises de dados, nosso trabalho revelou que os alunos estão chegando ao final do Ensino Fundamental com lacunas de aprendizagem matemática que, além de provavelmente comprometer a aprendizagem da própria Matemática, estão também comprometendo a aprendizagem de conteúdos *matematizados* das Ciências Naturais.

A presente pesquisa focou apenas no conteúdo da cinemática, por razões já explicadas na Introdução, porém, muitos outros conteúdos das Ciências Naturais também são *matematizados*. Sendo assim, entendemos que tais lacunas de aprendizagem matemática poderão estar, possivelmente, comprometendo outros conteúdos além da Cinemática.

Referências

AUSUBEL, David; NOVAK, Paul; HANESIAN, Joseph. **Psicologia Educacional**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

BOGDAN, Robert; BIKLEN, Sari Knopp. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Porto, Portugal: Porto Editora, 1994.

COLL, César. **Aprendizagem Escolar e Construção do Conhecimento**. Porto Alegre: Artes Médicas. 1994.

_____. (Org.). **O Construtivismo na Sala de Aula**. 6. ed. São Paulo: Ática, 2006.

DARSIE, Marta Maria Pontin. **A reflexão distanciada na construção dos conhecimentos profissionais do professor em curso de formação inicial**. Tese (Doutorado em Educação)- Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

GROTTI, Rogério. **O Projeto Observatório da Educação com Foco em Matemática e Iniciação às Ciências:** possíveis contribuições na aprendizagem da docência e perspectiva de configurar-se como alternativa de atividades complementares na formação inicial (licenciatura em matemática). Dissertação (Mestrado em Educação)– Universidade Federal de Mato Grosso, Programa de Pós-Graduação em Educação, Cuiabá, 2013.

MARTINS, Endrigo Antunes. **A influência da “matematização” na aprendizagem de Ciências Naturais:** um estudo sobre a aprendizagem da cinemática no 9º ano do Ensino Fundamental. Dissertação (Mestrado em Educação)– Universidade Federal de Mato Grosso, Programa de Pós-Graduação em Educação, Cuiabá, 2014.

MOREIRA, Marco Antônio; MASINI, Elcie F. Salzano. **Aprendizagem Significativa:** a Teoria de David Ausubel. São Paulo: Moraes, 1982.

MOREIRA, Marco Antônio. **A Teoria da Aprendizagem Significativa e sua implementação em sala de aula.** Brasília, DF: EdUnB, 2006.

POZO, Juan Ignacio; GÓMES CRESPO, Miguel Ángel. **A Aprendizagem e o Ensino de Ciências.** 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

ZABALA, Antoni. **A Prática Educativa:** como Ensinar. Porto Alegre: Artmed, 1998.

Recebimento em: 29/06/2014.

Aceite em: 02/12/2014.