

# NA BUSCA DO SIGNIFICADO DA MATEMÁTICA NO ENSINO DA FÍSICA.

## IN SEARCH OF THE MEANING OF MATH, IN PHYSICS TEACHING.

*Diego Vizcaíno*<sup>1</sup>, *Eduardo A. Terrazzan*<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Doutorando, Programa de Pós-graduação em Educação para a Ciência. Faculdade de Ciências - UNESP -

Campus de Bauru. *diegoviz@fc.unesp.br*

<sup>2</sup>Professor Titular, Universidade Federal de Santa Maria. UFSM. *eduterra@pq.cnpq.br*

### Resumo

Apresenta-se a primeira parte de uma pesquisa que visa achar o significado que pesquisadores do ensino da Física, dão ao uso da matemática. Fizemos uma análise textual, procurando resultados de pesquisas neste sentido, em artigos publicados nos principais periódicos da área, segundo a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, CAPES. Encontramos 11 periódicos, e neles 3206 artigos publicados do 2005 ao 2010. Dentre eles selecionamos 113, ao encontrar que no seu título sugeriam alguma relação entre matemáticas e ensino das ciências. No final, 8 artigos preencheram o critério de seleção. Este fato já apresenta uma escassez de pesquisas neste tópico. Fizemos uma análise de conteúdo nesses 8 artigos, sob a categoria “significados da matemática no ensino da Física”, obtendo que estes pesquisadores trabalham basicamente duas formas de relacionar a matemática e a física, uma que considera a Matemática como linguagem da Física, e uma outra, que considera a Matemática como formas de proceder na Física. Porém existem diversos aspectos em cada uma destas visões.

**Palavras-chave:** Matemáticas e ensino de Física, significados da matemática, matemática como linguagem da física.

### Abstract

We present the first part of a research, whose aim is to find meaning of mathematics, used by researchers in physics teaching. We have done a documental analysis looking for to research results in this sense, into papers published on the most important journals in this field, according to the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel, from Brazil, CAPES. We found 11 journals, and inside, 3206 papers published between 2005 and 2010. Among them, we selected 113, because their titles show some kind of relationship between math and science education. In the end, just eight articles met the selection criteria. This fact shows lacking in research on this topic. We did a content analysis on these eight articles, under the category "meanings of mathematics in physics teaching", which showed that, these researchers work mainly two ways of relating mathematics and physics; in one,

mathematics are considered as a Physics language, in another one, mathematics are considered as a working way in the construction of physics. But, there are diverse aspects into each vision.

**Key words:** Mathematics on physics teaching, Meanings of mathematics, Math as physics language.

## Introdução

Quando o termo “matemática” é usado na literatura de educação em ciências, o significado dado para ele não é sempre o mesmo, e, os significados atribuídos à matemática e o papel dela contribui com uma definição de sentido de ensino de física. Particularmente as relações entre matemática e ensino da física podem constituir um objeto de pesquisa, já que muitas vezes a compreensão dos conceitos da Física é confundida com o domínio de alguns algoritmos matemáticos. Assim, nosso trabalho propõe-se recolher os resultados de pesquisas, cujo objetivo tenha sido evidenciar algum tipo de relação entre matemática e ensino da Física. Procuramos tais resultados em artigos publicados nos mais importantes periódicos, durante os últimos 6 anos, a fim de verificar e analisar os sentidos em que está sendo trabalhada tal relação.

A análise textual começou procurando o índice de qualidade dos periódicos pertencentes a área 46 (ensino de ciências e matemáticas) segundo avaliação dada pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior- CAPES, no seu sistema de qualificação QUALIS (<http://qualis.capes.gov.br/webqualis/ConsultaCritério2008.faces>). Selecionamos somente os periódicos de qualificação A1, e os artigos publicados entre os anos 2005 e 2010. O qual ofereceu 11 periódicos. Dois deles são brasileiros, dois dos Estados Unidos, um da Espanha, um do Canadá, três do Reino Unido, um da Austrália, e um da Alemanha; dois publicam principalmente em português, um em espanhol, e os restantes oito em inglês.

Depois, elaboramos um listado de 3206 títulos de artigos publicados nesse período, a fim de selecionar posteriormente aqueles relacionados com nosso tema de pesquisa, aplicando o critério de que o título tivesse a ver com o papel da matemática no ensino e aprendizagem das ciências. Obtivemos então 113 artigos, sobre os quais fizemos leitura dos resumos, logo uma leitura exploratória centrada no conteúdo, conclusões, e estrutura, a fim de ter certeza de que desenvolvessem tópicos relacionados com usos da matemática no ensino das ciências, ou perspectivas na relação Física e matemática. O resultado foram 8 artigos, os quais foram objeto de um análise textual, sob a categoria “significados da matemática no ensino das ciências ou da Física”. Esta análise se fez em dois níveis; idéias dos autores, e, idéias de terceiros que os autores assumem como próprias.

Acrescenta-se em primeiro lugar que a produção de pesquisas sob a categoria mencionada, mostra principalmente a relação entre a Matemática e a Física, sendo quase inexistentes trabalhos que estudem a relação da matemática com a Química ou a Biologia. Foram detectadas neste grupo de pesquisadores, duas formas de relacionar a matemática e a Física; uma que considera a Matemática como linguagem da Física, no sentido de ser a linguagem que permite fazer “leitura” da natureza, ou, que permite modelar os fenômenos físicos, ou, descrever fenômenos físicos, ou, que permite representar a epistemologia dos conceitos físicos. E uma outra, que considera a Matemática como formas de proceder na Física, com uma novidade epistemológica, ao inserir termos como, “Matematizar” ou “matematização”.

## A pesquisa

A pesquisa objetiva, por tanto, verificar a frequência e o sentido em que se trabalha o uso da “matemática” nos processos de ensino e aprendizagem da física, pelo menos nos resultados publicados em periódicos Qualis A1, nos últimos seis anos. Para tanto foram revisados 11 periódicos da área, e analisados 8 artigos considerados como representativos deste tópico de pesquisa. Pretendemos contribuir para o aprofundamento na análise de “visões de matemática”, e seu papel no planejamento de estratégias de ensino e aprendizagem da Física.

## A Metodologia de pesquisa.

Neste estudo a obtenção de dados foi feita por meio de uma análise textual procurando qualidade e visibilidade das publicações. Assim, a escolha dos 113 artigos surgiu como resultado da revisão dos periódicos indicados no Quadro 1.

**Quadro 1.** Periódicos Qualis A1 segundo a CAPES, e quantidade de artigos publicados do ano 2005 ao ano 2010.

	<b>Periódico</b>	<b>Quantidade de artigos.</b>
1	Bolema, Boletim de Educação Matemática. (Brasil)	118
2	Ciência e Educação. (Brasil)	196
3	Cultural Studies of Science Education. (USA)	234
4	Educational Studies In Mathematics. (USA)	318
5	Enseñanza de las Ciencias. (España)	184
6	For the Learning of Mathematics. (Canada)	179
7	International Journal of Science Education. (UK)	568
8	Physics Education. (UK)	678
9	Research In Science And Technological Education. (UK)	106
10	Science & Education. (Australia)	299
11	Zentralblatt For Didaktik Der Mathematik. ZDM. (Alemanha)	326
	Total	3206

Assim que selecionamos os 113 artigos que pelo conteúdo do seu título, sugeriram ter estudado algum tipo de relação entre a Matemática e o ensino das ciências, física, química e/ou Biologia, começamos fazer a respectiva leitura. Mas, percebemos que podia acontecer que o título tivesse uma orientação neste sentido, mas o conteúdo não tratasse exatamente de resultados de pesquisa no nosso alvo. Por tanto decidimos fazer uma leitura exploratória centrada no conteúdo, conclusões, e estrutura, a fim de descartar aqueles cujos resultados de pesquisa não contribuíssem para caracterizar os sentidos em que se está interpretando a matemática no ensino das ciências. O resultado foi que somente 6 artigos puderam ser classificados como apropriados. Porém, ampliamos o critério de escolha com a premissa de que o tratamento da Física moderna usualmente tem a ver com estudo de algoritmos matemáticos, o qual ofereceu mais 2 artigos, relacionados no Quadro 2, nos itens 7 e 8.

**Quadro 2.** Títulos, autores, e ano de publicação dos artigos que apresentam resultados de pesquisa relacionados com o estudo da matemática no ensino e aprendizagem da Física.

	<b>Título dos artigos</b>	<b>Autores e data</b>	<b>Periódico</b>
1	¿Qué hacen y qué entienden los estudiantes y profesores de física cuando usan expresiones diferenciales?.	Rafael López Gay; Joaquín Martínez Torregrosa.	Enseñanza de las ciencias, Vol.: 23 No 3 2005
2	The Definition of Mathematics: Philosophical and Pedagogical Aspects.	Alexander Khait.	Science & Education, Vol 14 no 2 2005

3	Mathematics in Physics Education: Scanning Historical Evolution of the Differential to Find a More Appropriate Model for Teaching Differential Calculus in Physics.	Joaquin Martínez Torregrosa; Rafael López Gay; Albert Gras Martí.	Science & Education, Vol 15 no 5 2006
4	Construindo a linguagem gráfica em uma aula experimental de física.	Alex Bellucco do Carmo; Anna Maria Pessoa de Carvalho.	Ciencia & Educação, Vol 15 No 1 2009
5	Interdisciplinary Mathematics–Physics. Approaches to Teaching the Concept of Angle in Elementary School.	Valérie Munier; Helene Merle. 2009.	International Journal of Science Education, Vol 31 No 14 2009
6	What part of the concept of acceleration is difficult to understand: the mathematics, or both?.	Mehmet Fatih Taşar.	ZDM, Vol 42 No 5 2010
7	Learning Introductory Quantum Physics: Sensori-motor experiences and mental models.	Jiun Liang Ke; Martin Monk; Richard Duschl. 2005.	International Journal of Science Education, Vol 27 No13 2005
8	Física moderna e contemporânea na formação de licenciandos em física: necessidades, conflitos e perspectivas.	Mikael Frank Rezende Junior; Frederico Firmo de Souza Cruz.	Ciência & Educação. Vol 15 No 2

Este grupo de artigos foi analisado sob a categoria “significados da matemática no ensino de ciências, ou da Física”. Numa primeira leitura procuramos expressões explícitas dos autores com relação ao tema, e numa segunda revisão, fizemos inferências que possibilitassem compreender e interpretar tais expressões no contexto em que foram colocadas.

## Os referenciais teórico-metodológicos

Para elaborar a análise textual e de conteúdo utilizamos os princípios e procedimentos, apresentados por autores como Bardin, (2002), e Flick, (2009), os quais trabalham técnicas da pesquisa qualitativa, apropriadas para estudar documentos de forma sistemática a fim de identificar características específicas dentro de um texto, e assim fazer inferências e interpretações. Também autores como Albert, (2007), e Rodriguez, et al. (1996) que focam este tipo de pesquisa no âmbito educativo, o qual permite construir gradativamente conhecimento pedagógico de conteúdo, ao tratar questões e problemas relacionados com a natureza, epistemologia, metodologia, e objetivos da educação.

Com relação às diversas visões de Matemáticas no ensino das ciências, baseamos nossos critérios de análise em perspectivas como a de Pietrocola, (2002), quem mostra a existência de uma relação complexa entre a física e a matemática, além do uso dos algoritmos, sendo a matemática um fator estruturante do conhecimento físico. Este autor critica visões reduzidas como; a visão que assume a matemática como a própria essência da realidade, sendo a física o método de acessá-la, ou a visão que justifica o ensino das matemáticas pelo simples fato de que são necessárias para a aprendizagem da Física, ou a visão que assume a matemática como ferramenta do método empírico.

Também encontramos importante a perspectiva que apresenta Hestenes, (2003), segundo a qual, não é possível ensinar uma “Física conceitual”, quer dizer, uma física sem matemáticas, a fim de fazer mais fácil o aprendizado da Física. O autor apresenta em seu trabalho, como a compreensão da álgebra geométrica que ele chama de linguagem unificada “das matemáticas”, pode contribuir na clarificação e compreensão de alguns conceitos da Física. Porém, tomamos um pouco de distancia, com relação a sua afirmação de que os conceitos físicos são essencialmente matemáticos, já que concordamos com essa afirmação, toda vez que seja repensado o sentido que lhe é outorgado á matemática nos processos de

ensino e aprendizagem, relacionados estes, a processos de evolução de modelos mentais.

## Os significados do uso da matemática no ensino da Física.

Para cada um dos oito artigos, foi elaborada uma síntese com o intuito de compreender as pesquisas apresentadas, e resumir o conteúdo. Levando em consideração o nosso alvo temático “o significado da matemática no ensino da física”, e ao detectar que na maioria dos casos este não foi apresentado de forma explícita, se fez uma segunda ou terceira leitura dos artigos, procurando a perspectiva dos autores com relação ao tema. Logo, a fim de reunir num quadro sintético os diversos pontos de vista, procuramos ao menos uma frase literal que pudesse ser tomada como representativa da perspectiva implícita ou explícita que cada trabalho expõe. Os critérios de seleção de tais frases foram; idéias próprias dos autores ou que tivessem o total apoio dos mesmos, e, expor uma relação entre as matemáticas e o ensino e aprendizagem da física. Os resultados são apresentados no Quadro 3, o qual contém uma coluna com a identificação dos autores e a frase em questão, e mais uma coluna, com a interpretação sobre o que nós percebemos que os autores suportam, de acordo com o contexto em que a frase foi colocada.

Também, é importante falar, que a nossa busca esteve mediada pela hipótese de que existem ao menos três aspectos a levar em consideração na relação matemática e ensino da Física, a saber;

- Matemática como linguagem da Física. Perspectiva que tem diferenciados matizes segundo o que se considere como “linguagem”, e que por tanto, leva a que o ensino da Física seja o ensino de tal linguagem. Sendo a mais popular, aquela que considera o conjunto de algoritmos como uma linguagem.
- A matemática como um fator estruturante do conhecimento físico. O qual significa que não somente serve para expressar os fenômenos físicos, mas possibilita os processos e as formas de proceder na construção do conhecimento físico. Assim, o ensino da Física consiste em ensinar formas de raciocinar e de proceder na construção do conhecimento físico, e,
- A física como um campo de aplicação da matemática, a qual estabelece uma brecha entre as duas disciplinas, cuja relação é utilitarista. Em consequência, o ensino da física é a aplicação de axiomas e demais ferramentas da matemática, na descrição da natureza.

Cada uma das formas de relacionar a matemática e a física pode implicar perspectivas diferentes relacionadas com as estratégias de ensino da Física, Udhen, et al (2011), elas podem matizar a prática do professor e sua intervenção nos processos de ensino e aprendizagem da Física.

**Quadro 3.** Frases representativas dos autores dos artigos, com relação a suas concepções da matemática no ensino da Física, e, interpretação de acordo ao contexto.<sup>1</sup>

	<b>Autores e frases representativas</b>	<b>Interpretação</b>
1	Carmo, A. B.; Carvalho, A. M. P. 2009 <i>“...Nesse processo, a professora criou condições para que os estudantes olhassem as diversas linguagens matemáticas das quais a Física se apropria, da mesma forma que fazem os físicos,</i>	A compreensão dos fenômenos físicos precisa de diversas linguagens, uma delas é a linguagem das matemáticas, também em diversas modalidades, o qual permite interpretar a natureza. O estudante pode ser

<sup>1</sup> As frases cujos idiomas originais são inglês e espanhol, foram traduzidas ao português pelos autores deste trabalho.

	<i>ou seja, como se fosse uma “lente” para enxergar o fenômeno. (...) assim, podemos falar em uma enculturação na matemática da ciência”. p. 81</i>	envolvido em processos de “leitura” da natureza.
--	---	--

2	Valérie, M.; Helene, M. 2009. <i>“Introduzir a aprendizagem dos ângulos, por meio de situações problema enquadrados na Física, é pertinente porque; permite a inter-relação de diferentes campos, e os alunos formam competências no domínio da matemática, física e modelagem”. p. 1857</i>	A matemática tem conceitos cuja compreensão não é imediata. Para tanto é apropriado aplicar tais conceitos em experiências físicas. O qual possibilita tanto a construção do conhecimento matemático, quanto a compreensão do fenômeno físico por meio de modelagem.
3	Martínez T., J.; López G., R.; Gras M., A. 2006 <i>“Mostramos que somente um pequeno grupo de estudantes de Física no ensino médio, e nos primeiros anos da graduação técnico-científica, usam o cálculo diferencial na física, compreendendo realmente o que é que estão fazendo ” p. 448</i>	A compreensão das ferramentas oferecidas pela matemática, e, o modo como elas são usadas no estudo da natureza, leva necessariamente na compreensão da realidade física. O ensino da Física, deve conter a compreensão das razões pelas quais os fenômenos descrevem-se com tais ferramentas matemáticas.
4	López G., R; Martínez T., J. 2005. <i>“Pode-se afirmar que existe um uso mecânico e algorítmico do cálculo no ensino da física, despreocupado pela compreensão e o sentido do que se faz (...).Os resultados mostram que tal uso algorítmico e sem sentido do cálculo, provoca pouca confiança no seu uso e uma clara rejeição ao mesmo” p. 329</i>	Usar a matemática no ensino da Física, implica ter domínio dos algoritmos, e também conhecer as razões pelas quais um determinado algoritmo é o mais apropriado que outro, na compreensão de um determinado fato físico. Quer dizer, que o uso dos algoritmos são uma alternativa apropriada no estudo da natureza.
5	Khait, A. 2005 <i>“... A definição de matemática que se propõe, significa que seu objeto de estudo é definido pela possibilidade que apresentam os diversos tópicos perante a “matematização”, quer dizer, a possibilidade de utilizar uma linguagem precisa no estudo do tema em questão” p. 155</i>	“Matematizar” significa utilizar uma linguagem precisa ao tratar os objetos de estudo de qualquer ciência. Por tanto, é possível formar habilidades para desenvolver processos de matematização. O qual significa, aprender a relacionar palavras e símbolos com um significado exato, no estudo dos fenômenos físicos.
6	Taşar, M. F. 2010 <i>“Existe uma relação mútua e não trivial entre a física e a matemática. Os físicos usam a matemática para entender a natureza, e os matemáticos muitas vezes aplicam a física para entender sua matemática. Basson 2002”, citado pelo autor. p.471</i>	Tanto a física quanto a matemática, não poderiam se desenvolver de forma separada a uma da outra, por compartilharem conceitos e usos de conceitos. Assim, os processos da matemática são também processos na construção das teorias físicas, e vice-versa. O ensino da Física então, deve conter as duas formas de proceder.
7	Ke, J.L.; Monk, M.; Duschl, R. 2005. <i>“De fato, alguns físicos consideram que as idéias da Mecânica Quântica podem-se expressar somente de forma algébrica... Porém, resolver matematicamente problemas de MQ não necessariamente demonstra a compreensão dos alunos, sobre os conceitos necessários para explicar o fenômeno” p. 1572</i>	A explicação dos fenômenos físicos, vai além da resolução de algoritmos matemáticos. Precisa-se acompanhar a evolução dos modelos mentais nos estudantes, partindo das experiências sensorio-motoras, até as explicações dos fenômenos, garantindo coerência no pensamento deles.
8	Rezende J., M.F.; de Souza C., F. F. 2009. <i>“O objeto quântico, por exemplo, possui uma natureza conceitual diferenciada daquela do objeto clássico, estas diferenças aparecem tanto nos pressupostos epistemológicos e na linguagem matemática, quanto nas perguntas diferentes que redefinem o objeto de estudo como um ente quântico” p. 309</i>	A diferença entre a linguagem matemática da física quântica e da física clássica, apresenta-se principalmente por causa da epistemologia envolvida nos conceitos que descrevem os fenômenos. Por tanto, o ensino da Física deve estar mediado por análises de corte epistemológico, tanto da matemática quanto da física contida.

Numa tentativa de inter-relacionar as diversas idéias expostas anteriormente, e também, com o intuito de classificar as visões de Matemática e Física sob a estudos em ensino da física, parafraseamos as inferências feitas anteriormente, no Quadro 4.

**Quadro 4.** Conclusões em relação ao uso da matemática no ensino da Física, segundo os artigos analisados.

<b>Título dos artigos</b>	<b>Parafraseando as inferências.</b>	<b>Classificação das relações Matemática e ensino da Física.</b>
1- ¿Qué hacen y qué entienden los estudiantes y profesores de física cuando usan expresiones diferenciales?.	O estudante pode ser envolvido em processos de “leitura” da natureza, por meio do uso das matemáticas como uma “lente” de observação e descrição.	A matemática como linguagem da Física.
2- The Definition of Mathematics: Philosophical and Pedagogical Aspects.	A modelagem nos fenômenos físicos, possibilita tanto a construção do conhecimento matemático, quanto a compreensão do fenômeno físico	A matemática como linguagem da física.
3- Mathematics in Physics Education: Scanning Historical Evolution of the Differential to Find a More Appropriate Model for Teaching Differential Calculus in Physics.	O uso de construções matemáticas para a compreensão e descrição dos fenômenos físicos, se efetiva quando o conhecimento da matemática vá além do seu uso.	A matemática como linguagem da Física.
4- Construindo a linguagem gráfica em uma aula experimental de física.	Os algoritmos são uma linguagem apropriada no estudo da natureza, já que tem implícita uma coerência que permite estudar e descrever fenômenos físicos.	A matemática como linguagem da Física.
5- Interdisciplinary Mathematics–Physics. Approaches to Teaching the Concept of Angle in Elementary School.	“Matematizar” significa, aprender a relacionar palavras e símbolos com um significado exato, no estudo dos fenômenos físicos.	A matemática como formas de proceder na Física.
6- What part of the concept of acceleration is difficult to understand: the mathematics, or both?.	Os processos de construção da matemática são também processos de construção das teorias físicas, e vice-versa. O ensino da Física então, deve conter as duas formas de proceder.	A matemática como formas de proceder na Física.
7- Learning Introductory Quantum Physics: Sensorimotor experiences and mental models.	A evolução dos modelos mentais nos estudantes, vai das experiências sensorio-motoras, até as explicações dos fenômenos, e, implica processos de “matematização”.	A matemática como formas de proceder na Física.
8- Física moderna e contemporânea na formação de licenciandos em física: necessidades, conflitos e perspectivas.	O ensino da Física deve estar mediado por análises de corte epistemológico, tanto da matemática quanto da física contida.	A matemática como linguagem da Física.

Em primeiro lugar, se pode constatar que todos os autores procuram a traves do trabalho apresentado com que seus alunos tenham maior compreensão, seja dos fenômenos físicos ou dos conceitos matemáticos. Em segundo lugar, os artigos podem-se agrupar em dois conjuntos levando em consideração duas formas de relacionar matemática e física; uma que considera a Matemática como linguagem da Física, e uma outra, que considera a Matemática como formas de proceder na Física. Porem existem diversos aspectos em cada

uma destas visões.

No primeiro conjunto, a relação percebida é a matemática como linguagem da física. Observamos que pode ser entendida como; a linguagem que permite fazer “leitura” da natureza, ou, a linguagem que permite modelar os fenômenos físicos, ou, a linguagem que permite descrever fenômenos físicos, ou, a linguagem que permite representar a epistemologia dos conceitos físicos. Acreditamos que estas perspectivas não são excludentes entre si, mas se podem agrupar na categoria linguagem da física.

No segundo conjunto, temos a matemática como formas de proceder na física. Observamos que existe uma estreita relação nas formas de proceder na hora de construir conhecimento. Esta perspectiva trabalha a relação física e matemática, com uma novidade epistemológica, ao inserir termos como “Matematizar” ou “matematização”, o qual visa dar significado aos processos com os quais aprende-se a relacionar palavras e símbolos com um significado exato na construção das teorias físicas. Também, caracteriza o processo de construção de conhecimento como a evolução de modelos mentais.

## Considerações finais.

Este resultado mostra uma tendência de pouca pesquisa no tema do uso das matemáticas para o ensino da Física, mas, ao mesmo tempo, mostra que é importante fazer consciência da perspectiva com a qual se assume tal relação para favorecer verdadeiras transformações no ensino das ciências. As posições ingênuas que reduzem o aprendizado da Física ao domínio de algoritmos matemáticos poderiam ser enriquecidas ao estudar o significado das Matemáticas, tanto como linguagem da Física, quanto, como formas de proceder na Física. É importante acrescentar que a busca foi feita só nos jornais Qualis A1, e que existem mais seis categorias de jornais nos quais pode-se complementar esta busca.

Os trabalhos analisados, evidenciam que a relação entre a Matemática e o ensino da Física não é trivial, ela comporta problemas profundos em relação a concepções epistemológicas tanto da física quanto da matemática, e seus processos de construção de conhecimento. Tal relação precisa um estudo em maior profundidade. Nas palavras de Hestenes (2003 p. 2) “*the challenge is to seriously consider the design and use of mathematics as an important subject for physics education research*”.

## Referências

ALBERT, María José. **La investigación educativa: claves Teóricas**. Mc Graw Hill. Madrid. 2007

BARDIN, Laurence. **Análise de Conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 2002

CAPES. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, Relatório área 46. Disponível em: <http://qualis.capes.gov.br/webqualis/ConsultaCritério2008.faces> acesso em: 8 de dez. 2010.

CARMO Belluco, Alex; CARVALHO Pessoa, Anna Maria. Construindo a linguagem gráfica em uma aula experimental de física. **Ciência & Educação**, v. 15, n. 1, pp. 61-84, 2009

FLICK, Uwe. **Introdução à pesquisa qualitativa**. Artmed. Brasil. 3 Ed. 2009

HESTENES, David. Oersted Medal Lecture 2002: Reforming the Mathematical Language of Physics. **American Journal of Physics**. v. 71, Issue 2, pp. 104-121, February 2003

KE, Jiun Liang. ; MONK, Martin.; DUSCHL, Richard. Learning Introductory Quantum Physics: Sensori-motor experiences and mental models. **International Journal of Science Education**. v. 27, n. 13, , pp. 1571–1594, 28 October 2005

KHAIT, Alexander. The Definition of Mathematics: Philosophical and Pedagogical Aspects. **Science & Education**. v. 14, pp. 137–159, 2005

LÓPEZ Gay, Rafael; MARTÍNEZ Torregrosa, Joaquin. ¿Qué hacen y qué entienden los estudiantes y profesores de física cuando usan expresiones diferenciales?. **Enseñanza de las ciencias**, v. 23, n.3, pp.321–334, 2005

MARTÍNEZ Torregrosa, Joaquin; LÓPEZ Gay, Rafael; GRAS Martí, Albert. Mathematics in Physics Education: Scanning Historical Evolution of the Differential to Find a More Appropriate Model for Teaching Differential Calculus in Physics. **Science & Education**. v. 15, pp. 447–462, 2006

MUNIER, Valérie; MERLE, Helene. Interdisciplinary Mathematics-Physics approaches to teaching the concept of angle in elementary school. **International Journal of Science Education**. v. 31, n. 14, pp. 1857–1895, 15 September 2009

PIETROCOLA, Mauricio. A matemática como estruturante do conhecimento físico. **Caderno Cataneirenses de Ensino da Física**. v.19, n.1: p.88 88-108, ago. 2002

REZENDE Junior, Mikael Frank; De SOUZA Cruz, Frederico Firmo. Física moderna e contemporânea na formação de licenciandos em física: necessidades, conflitos e perspectivas. **Ciência & Educação**, v. 15, n. 2, pp. 305-21, 2009

RODRIGUEZ, G.; GIL, J.; GARCIA, E. **Metodología de la investigación cualitativa**. Ediciones Aljibe. Málaga. 1996.

TAŞAR, Mehmet Fatih. What part of the concept of acceleration is difficult to understand: the mathematics, both?. **Zentralblatt For Didaktik Der Mathematik (ZDM)**. v. 42, pp.469–482, 2010

Uhden, O; Karam, R; Pietrocola, M; Pospiech, G. Modelling Mathematical Reasoning in Physics Education. **Science & Education**. v. 10 p. 1-20, 2011