

A IMPORTÂNCIA EPISTEMOLÓGICA E EDUCACIONAL DO VÊ DO CONHECIMENTO¹

(Educational and epistemological importance of the knowledge Vee)

Jorge Valadares [jorgev652@gmail.com]

Universidade Aberta, Lisboa

Unidade de Investigação em Educação e Desenvolvimento, FCT, UNL, Lisboa

Resumo

Será realçada, de início, a necessidade de reforçar os aspectos teórico-conceituais em educação, investindo em teorias, como a da aprendizagem significativa, que se afigurem susceptíveis de conseguir amplos consensos. Tendo em conta que toda a boa teoria assenta numa axiomática capaz de se impor a quem a conhece bem, realçam-se a seguir alguns princípios que poderão nortear aqueles que dedicam grande parte do seu esforço intelectual à teoria da aprendizagem significativa. A adopção desses princípios e a análise epistemológica da história da ciência, de que aqui obviamente apenas poderá ser dada uma pálida imagem, apontam para o grande objectivo deste artigo: vincar a fundamentação epistemológica do Vê do conhecimento e, em consequência, a sua grande importância para a aprendizagem significativa da ciência física.

Palavras-chave: epistemologia da ciência física; teoria da aprendizagem significativa; Vê do conhecimento.

Abstract

First it will be emphasized the need to strengthen theoretical and conceptual aspects in education, investing in theories, such as the meaningful learning one, which seem likely to achieve broad consensus. Having into account that any good theory is based on an axiomatic susceptible to be accepted by who knows it well, afterwards it will be emphasized some principles that can guide those who dedicate much of their intellectual effort to the meaningful learning theory. The adoption of these principles and the epistemological analysis of the history of science, from what obviously only be given here a pale image, point to the great purpose of this article: to underline the epistemological foundation of the knowledge Vee and, consequently, its great importance to the meaningful learning of physical science.

Keywords: epistemology of physical sciences; meaningful learning theory; knowledge Vee.

Introdução

É conhecido o facto de o maior filósofo da ciência do século XVIII (e, em boa verdade, um dos maiores de todos os tempos), Immanuel Kant, considerar a química da sua época uma arte sistemática, ou, quando muito, uma teoria experimental, mas não uma «ciência genuína» (Kant, 1990, p. 17), por não assentar em princípios formulados matematicamente, tal como sucedia com a Física. O matemático e epistemólogo Jean Petitot, numa conferência realizada em 1999 em Lisboa com a designação significativa «*Em direcção a uma Física das Ciências Humanas*», situou-se numa posição não muito afastada de Kant, ao distinguir na ciência os aspectos empírico-descritivos e teórico-matemáticos (1999, p. 34). Os primeiros, segundo Petitot, apenas contemplam um conjunto de actividades cognitivas mais ou menos sistematizadas, são “racionalmente descritivos”, e recorrem a métodos formais universais tais como os de aquisição e tratamento de sinal, estatísticas, etc. Os aspectos teórico-matemáticos, por sua vez, são específicos da conceptualização

¹ Conferência proferida no **III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa**, Peniche, Portugal, 11-15 de setembro de 2000. Texto revisado em 2012.

teórica de um domínio particular de objectos, condição necessária para a modelização conducente à reconstrução dos fenómenos envolvendo esses objectos.

Se a Química de hoje já contém, sem sombra de dúvidas, aspectos teóricos solidamente estabelecidos, que a levaram a adquirir um estatuto idêntico ao da Física, o mesmo não sucede, infelizmente, com as ciências da Educação que se têm cingido a aspectos meramente descritivos, com uma linguagem prolixa e muitas vezes confusa. Ao contrário dos físicos, dos químicos, dos geólogos, etc., que têm procurado encontrar quadros conceptuais bastante abrangentes e amplamente compartilhados onde conseguem enquadrar muitos dos fenómenos sobre os quais se debruçam, os cientistas da educação têm tido uma enorme dificuldade em constituir referenciais teóricos suficientemente sólidos e universais para depois guiarem por eles, de modo seguro, as suas investigações. E mais. Têm-se esquecido sistematicamente desse «farol» que norteou toda a construção das ciências da natureza e que dá pelo nome de princípio da parcimónia ou espada de Occam, facto este muito justamente realçado por Joseph Novak num dos seus livros (Novak, 1998, p. 96)².

Se as categorias transcendentais kantianas não são já actualmente aceitáveis, não deixa de ser altamente significativo do ponto de vista da objectividade das ciências físicas (mesmo assim, uma *objectividade fraca*, como veremos adiante) o facto de o mundo físico revelar as famosas simetrias no que respeita aos fenómenos que nele ocorrem (da translação no espaço, da rotação no espaço, da translação no tempo, etc.). É a simetria que está na base da existência de princípios essenciais a que obedecem os fenómenos do mundo físico, o que tornou possível modelar esses fenómenos de um modo bastante rigoroso. Justifica-se, pois, a afirmação de Michio Kaku (cit. de J. Petitot, 1999, p. 40):

“Nature demands symmetry.

Symmetry, instead of being a purely aesthetic feature of a particular model, now becomes its most essential feature”.

O progresso da ciência no campo da modelação dos fenómenos tem sido tão grande com as facilidades computacionais de que hoje dispomos que já foi possível penetrar nos difíceis campos dos sistemas naturais complexos, quer físicos quer biológicos e até mesmo nos campos cognitivos e sociais. Mas, até se chegar ao ponto de compreender um tão grande número de fenómenos com base num quadro conceptual básico, houve que percorrer um longo caminho de *objectivação*. É este percurso de objectivação que a educação terá de percorrer, sendo certo que os fenómenos educativos não só são altamente complexos pelo número de variáveis que envolvem e pela influência que umas exercem sobre as outras, mas também, tanto quanto sabemos hoje, não obedecem a simetrias ou invariâncias espaço-temporais como os fenómenos físicos. Assim, a diversidade psicosocial é uma característica inerente ao ser humano, sendo cada *aluno* uma individualidade idiossincraticamente autónoma e cada *professor* um indivíduo de características muito variáveis e espírito mais ou menos aberto, até pela criatividade que deve procurar pôr na sua «arte» de ensinar. E um dado *currículo*, por mais que se tente objectivar, é sempre algo de complexo e difícil de definir do mesmo modo por dois educadores que com ele trabalham. Além disso, a *governança*, que no dizer de Gowin (1981, p. 56) é tudo o que controla o acto educativo e que está longe de ser apenas uma influência exterior à escola ou mesmo à sala de aula, actua do modo mais diverso. Finalmente, a *avaliação*, tão importante como os outros «lugares comuns da educação» (Schwab, 1973, Novak, 1984) terá sempre, pela sua natureza, aspectos subjectivos, e, além disso, ainda anda à procura de um novo paradigma, ou, se preferirmos, de consensos sobre a melhor forma de ser conduzida. Por tudo isto, não admira que a educação seja, e porventura sempre o será, na classificação de Kant e de Jean Petitot, uma «arte sistemática», com tudo o que de bom e

² Deste livro existe uma tradução portuguesa.

de mau tem este facto. Mas isto não significa que abduquemos de procurar cada vez mais a objectivação da educação através do reforço dos aspectos teórico-conceituais (sem prejuízo dos outros) que conduzirão ao mesmo tempo à sua validação. Creio que essa objectivação e validação passará por investir em teorias educacionais que possam vir a reunir em torno de si o mais amplo consenso possível dos membros da comunidade educativa, que o mesmo é dizer, venham a adquirir uma *validade normativa*. Pretendendo-se que a educação científica conduza a uma aprendizagem rica, substantiva, não literal, dos conceitos, leis e teorias científicas, capaz de potenciar os alunos para a resolução dos mais variados problemas científicos, dentro e fora da escola, e capaz mesmo de desenvolver o poder de criar novos conhecimentos científicos, crê-se que uma grande aposta em que vale a pena realmente investir é a **teoria da aprendizagem significativa**.

Alguns princípios fundamentais da teoria da aprendizagem significativa

Com o teorema de Kurt Godel, de 1931, ficámos a saber que em qualquer sistema formal há sempre afirmações não demonstráveis nem refutáveis dentro do próprio sistema. Em consequência, todo o corpo teórico que queiramos construir terá sempre de assentar, como sucede na Física, em princípios cuja validade é aceite à partida sob pena de a teoria perder consistência. Mais à frente teremos oportunidade de nos debruçar um pouco sobre a natureza dos princípios, mas é obviamente fundamental que se tornem plausíveis aos olhos de quem conhece a teoria, para poder disseminar-se a sua aceitação. O que se pretende realçar a seguir é que a teoria da aprendizagem significativa pode considerar-se assente em princípios que consideramos sólidos e susceptíveis de ampla consensualidade.

O seu princípio fundamental e historicamente o primeiro é o seguinte:

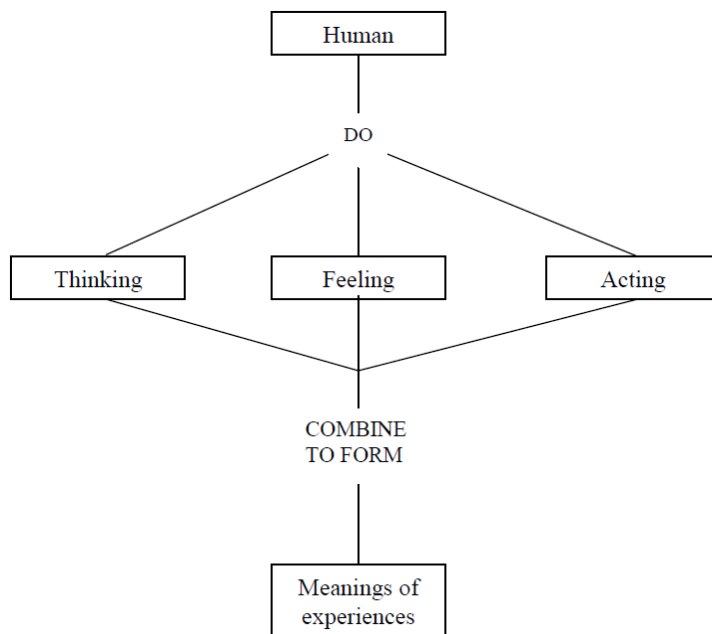
O factor mais importante de que depende a aprendizagem do aluno é a sua estrutura cognitiva em cada momento da aprendizagem. O ensino deve ser encarado em conformidade com essa estrutura.

A exemplo do que sucede nas ciências exactas, em que determinados princípios estão ligados a nomes de cientistas, o que acaba de ser enunciado poderá muito bem ser consagrado com o nome de **princípio de Ausubel**. Os educadores rapidamente aceitarão esta designação se se debruçarem minimamente sobre a obra fundamental do importante psicólogo educacional americano David Ausubel (Ausubel, 1968; Ausubel et al., 1980), a começar logo pelo frontispício.

Um outro princípio em que assenta a teoria da aprendizagem significativa e que tem vindo a ter uma fundamentação cada vez maior nos estudos na área das ciências e tecnologias da cognição é o seguinte:

No acto de aprender e construir portanto novos significados para as suas experiências de vida, o aluno intervém de um modo global através da combinação entre pensamento, sentimentos e acção.

Tal como se vê no organizador gráfico seguinte, de Joseph Novak, pensamento, sentimentos e acção combinam-se para formar o significado da experiência. Tradicionalmente, atribuíam-se os aspectos intelectual, sensitivo e activo a componentes diferentes do ser humano: a intelectualidade, à parte neocortical ou parte nova do cérebro; os sentimentos e emoções a partes mais antigas ou reptilianas do cérebro, mais propriamente ao sistema límbico; e as acções às diversas partes do corpo, ainda que comandadas por diferentes zonas do cérebro, em resposta aos estímulos nervosos.



Organizador do livro *Learning, Creating and Using knowledge*, de Joseph Novak, Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, London, 1998, p. 10 - há uma tradução portuguesa de 2000

No entanto, jamais foi clara esta separação entre corpo e mente (ou corpo e alma), bem como entre sentimentos e emoções por um lado e decisões racionais por outro.

Assim, por exemplo, o racionalista Descartes, apesar de ter distinguido e privilegiado a mente (como sede do pensamento) em relação ao corpo (sistema onde ocorrem as impressões sensoriais e respostas aos mesmos), já não considerava absolutamente distintas as faculdades sensitiva e racional, considerando-as como aspectos complementares da alma, ao falar nos chamados «espíritos animais». Por sua vez, Will Durant (s/d, p. 186), ao referir-se ao filósofo judeu Bento de Espinosa (1632-1677)³, escreveu o seguinte:

“Ele sabia que se a paixão sem razão é cega, a razão sem paixão é morta (...). Em vez de inutilmente opor a razão à paixão, caso em que o elemento de maiores raízes ancestrais sempre vence - Espinosa opõe às paixões desordenadas as paixões coordenadas pela razão e perfeitamente reguladas pela perspectiva total da situação. Ao pensamento não deve faltar o calor do desejo, nem ao desejo a luz do pensamento”.

Ao refletirmos sobre as realizações grandiosas ao longo da História, somos levados a concordar com Hegel, o pai da dialéctica moderna, quando afirmou que “nada de grandioso no Mundo foi realizado sem paixão.” E isto recorda-me um episódio marcante da minha vida de professor de uma escola secundária nos anos 80, em que um aluno meu, que não era o que tinha melhores notas na sua turma, acabou por se transformar, ao contrário de alguns destes, num grande astrofísico que trabalhou no *European Southern Observatory* e hoje é professor da Universidade de Viena. Recordo-o como um aluno apaixonado pela Astronomia que um certo dia, quando os programas de Física ainda não contemplavam a Astronomia, me convenceu a transportarmos com alguma dificuldade uma luneta antiga e pesada que existia no Museu do Pavilhão de Ciências para o telhado deste. Lembro-me bem da alegria e fascínio contagiantes com que ele, durante várias horas de uma noite fria, começou a mostrar todos os conhecimentos que já então possuía acerca do firmamento, perante a admiração de todos os seus colegas e de mim próprio. Este caso é coerente com os estudos que levaram o Prof. Daniel Goleman, de Harvard, à introdução do constructo

³ Era de ascendência portuguesa, pois a sua família era de uma vila do Alentejo, Vidigueira, e daí emigrou para a Holanda.

«inteligência emocional», ao verificar que não são necessariamente os alunos de QI mais elevado que vêm a ser os mais bem sucedidos na vida. (Goleman, 1997).

Ora Joseph Novak fez desta ideia integradora de diferentes componentes do ser humano um dos alicerces do seu construtivismo humano e por isso não é, quanto a mim, desajustado, apelidar o segundo princípio da teoria da aprendizagem significativa anteriormente formulado, *princípio de Novak*. Como já afirmámos, esta suspeita antiga de uma ligação profunda entre os sentimentos, emoções, corpo e cérebro fortaleceu-se com os trabalhos recentes provenientes das ciências da cognição. Para economizar espaço, cingir-me-ei a um destes trabalhos, da autoria do neurobiólogo português António Damásio, professor de Neurociência na University of Southern California, na América. Num livro por ele publicado nesse país e amplamente divulgado em Portugal, *O Erro de Descartes*, relatou diversos estudos efectuados com acidentados do cérebro e escreveu o seguinte (Damásio, 1995, p. 15):

“Os níveis mais baixos do edifício neurológico da razão são os mesmos que regulam o processo das emoções e sentimentos e ainda as funções do corpo necessárias para a sobrevivência do organismo. Por sua vez, estes níveis mais baixos mantêm relações directas e mútuas com praticamente todos os órgãos do corpo, colocando assim o corpo directamente na cadeia de operações que dá origem aos desempenhos do mais alto nível da razão, da tomada de decisões e, por extensão, do comportamento social e da capacidade criadora. Todos estes aspectos, emoção, sentimento e regulação biológica desempenham um papel na razão humana. As ordens de nível inferior do nosso organismo fazem parte do mesmo circuito que assegura o nível superior da razão.”

Julgo que argumentos como estes são suficientes para fundamentar o princípio da influência simultânea de pensamento, sentimentos e acções na aprendizagem significativa dos alunos – princípio de Novak.

Passemos agora a referir um novo princípio que também gostaríamos de ver associado à teoria da aprendizagem significativa, por razões que posteriormente se entenderão. Esse princípio poderá enunciar-se do seguinte modo:

Há algumas similaridades entre ideias que os alunos vão revelando nas aulas em resultado do seu desenvolvimento psicogenético e ideias que foram surgindo no decorrer da história da ciência.

Também por economia de espaço não poderei aqui defender este princípio tal como o fiz na minha tese de doutoramento (Valadares, 1995, 1º volume). Não deixarei, no entanto, de referir que a ideia traduzida neste princípio foi defendida por dois epistemólogos de mérito reconhecido, Jean Piaget e Rolando Garcia, fundamentalmente para o período anterior ao da ciência moderna, na sequência do renascimento, período esse que apelidam de pré-científico e é a grande tese da sua obra «Psicogénese e História das Ciências» (Piaget e Garcia, 1987)⁴. Por isso o designo por princípio de Piaget e Garcia. De facto, como muito bem refere Barbel Inhelder no prefácio da obra destes dois autores, o seu grande objectivo é

“procurar saber se os mecanismos de passagem de um período histórico ao seguinte, no contexto de um sistema de noções, são análogos aos da passagem de um estado genético aos seus sucessores”.

⁴ O original da obra ficou completo pouco antes da morte de Jean Piaget (1980).

Piaget e Garcia acabaram por defender a ideia contida neste terceiro princípio com base na existência de mecanismos comuns à psicogénese e ontogénese. O mais geral destes mecanismos comuns diz respeito à *alternância entre abstrações empíricas e abstrações reflexivas*, a que correspondem, respectivamente, *generalizações extensionais e construtivas*. (op. cit., p. 38). A *abstracção empírica*, como a própria designação indica, faz-se a partir dos objectos, enquanto a *reflexiva* atua a partir de ações e operações do sujeito, ocorrendo uma projecção sobre o nível de representação do produto obtido a nível de ação, acompanhada por uma reconstrução e reorganização do que foi transferido por projecção (op. cit., p. 18). A cada abstracção empírica corresponde uma generalização extensional, com a passagem de alguns a todos, de leis particulares a gerais, sem reorganização das primeiras. Cada abstracção reflexiva, por sua vez, origina uma generalização construtiva, uma nova síntese em que as leis particulares acabam por adquirir novos significados (op. cit., p. 247). Esta analogia de mecanismos tem como consequência a existência de problemas gerais comuns a todo o desenvolvimento epistemológico, como seja o papel da experiência, a natureza da relação entre sujeito e objectos, os bloqueios conceptuais, etc.

Creio que os mecanismos cognitivos ausubelianos de diferenciação progressiva e reconciliação integradora interpretam de um modo ainda mais simples e claro os aspectos comuns à construção individual do conhecimento pelo aluno e à construção histórica desse conhecimento. E, para o fundamentar, podemos recorrer, por exemplo, ao conceito superordenado de momento-energia que só foi historicamente compreendido após uma longa diferenciação ao longo do tempo dos conceitos de espaço e tempo, de momento e energia, etc. Da mesma forma, sem a diferenciação progressiva na estrutura cognitiva do aluno destes conceitos, e posterior reconciliação integradora conducente ao referido conceito superordenado, o aluno será incapaz de assimilar significativamente este. É talvez por isto que Joseph Novak, numa comunicação apresentada na *Fourth North American Conference on Personal Construct*, em 1990, defendeu também que

“o processo psicológico pelo qual um indivíduo constrói os seus próprios significados é essencialmente o mesmo que o processo epistemológico através do qual o conhecimento novo é construído pelos profissionais das diversas disciplinas”.

Este princípio, não unanimemente aceite, impõe-se pela necessidade de explicar o facto de no decorrer da história da ciência e no desenvolvimento psicogenético de alunos que vão aprendendo ciência se revelarem ideias similares e obstáculos epistemológicos idênticos, conforme se pode ver no quadro do **Anexo I**, em que os nomes referidos na coluna esquerda se referem a alunos do 8º ano de escolaridade que aceitaram participar numa pesquisa (Valadares, 1993).

Há actualmente cada vez mais educadores que defendem o recurso à História da Ciência para melhorar o seu ensino. Refiro, a título de um mero exemplo, os que estão ligados ao *International History, Philosophy and Science Teaching Group* que tem tido como grande dinamizador Michael Matthews. De acordo com o princípio formulado, isto é uma atitude sensata. O professor estará mais preparado para detectar as mais diversas dificuldades conceptuais dos seus alunos, sobre os seres vivos, a hereditariedade, os materiais, a luz, a visão, a energia, o calor, a natureza corpuscular da matéria, a força, a velocidade, as leis fundamentais do movimento, a corrente eléctrica, etc., e poderá ajudá-lo mais facilmente a ultrapassar tais dificuldades, se tiver um conhecimento prévio do modo como dificuldades idênticas surgiram e foram ultrapassadas ao longo da história da ciência.

Gostaria de encerrar esta secção dedicada a princípios fundamentais subjacentes à teoria da aprendizagem significativa, enunciando o seguinte **princípio construtivista**:

O conhecimento científico, qualquer que ele seja, é uma construção humana resultante de interacções complexas envolvendo sujeitos e objectos em que nem uns nem outros têm a hegemonia.

Tal como procurei mostrar em trabalhos anteriores (Valadares, 1995 e 1999), o **construtivismo humano**, que tem uma índole não radical e está subjacente à *teoria da aprendizagem significativa*, é, quer do ponto de vista epistemológico quer psicológico, adequado à construção histórica do conhecimento físico e da aprendizagem deste, pois supera dialecticamente ou dialogicamente as grandes antíteses filosóficas que surgiram a respeito dos grandes problemas acerca desse conhecimento: *dogmatismo-cepticismo; racionalismo- empirismo; realismo-idealismo*. Ainda que os problemas do conhecimento não sejam absolutamente independentes, por razões metodológicas eles são apresentados em separado no quadro seguinte, na linha do que fez o filósofo alemão Johannes Hessen, professor da universidade de Colónia, no seu livro *Erkenntnistheorie*, publicado em 1926, e traduzido para Portugal em 1987. Para não sobrecarregar o quadro, referem-se apenas as filosofias mais importantes para as ciências e alguns dos primitivos defensores das mesmas.

PROBLEMAS	ANTÍTESES HISTÓRICAS	SUPERAÇÕES
Problema da Possibilidade do conhecimento	<p>(i) Dogmatismo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dogmatismo ingénuo (présocráticos) - Dogmatismo teórico (diversos pensadores) <p>(ii) Cepticismo</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ceptic. Radical ou absoluto (Pirrón de Elis) - Ceptic. Intermédio (Arcesilao e Carneades) - Positivismo (Augusto Comte) - Neopositivismo - Subjectivismo (sofistas) - Relativismo (Oswaldo Spengler) - Pragmatismo (William James, Schiller) 	<p>Criticismo (cujo fundador foi Kant)</p> <p>Construtivismo</p>
Problema da Origem do conhecimento	<p>(i) Racionalismo</p> <ul style="list-style-type: none"> - Racionalismo transcendente (Platão) - Racion. Teológico (Sto Agost. e Malebranche) - Racionalismo Imanente (Descartes, Leibnitz) - Racionalismo lógico (séculos XIX e XX) <p>(ii) Empirismo</p> <ul style="list-style-type: none"> - Empirismo inglês do século XVIII (Locke) - Sensualismo (Condillac) 	<p>Intellectualismo (cujo fundador foi Aristóteles)</p> <p>Apriorismo (cujo fundador foi Kant)</p> <p>Construtivismo</p>
Problema da Essência do conhecimento	<p>(i) Realismo</p> <ul style="list-style-type: none"> - Realismo ingénuo (présocráticos) - Realismo natural (Aristóteles) - Realismo crítico (Demócrito, Galileu, etc.) - Realismo volitivo (Maine de Birau, Guilherme Dilthey, Max Scheler) <p>(ii) Idealismo</p> <ul style="list-style-type: none"> - Idealismo subjectivo ou psicológico (Berkeley) - Empiriocriticismo (Avenarius, Mach) - Idealismo objectivo ou lógico (neokantismo da Escola de Marburgo) 	<p>Fenomenalismo (fundado por Kant)</p> <p>Construtivismo</p>

Do ponto de vista epistemológico, o construtivista humano não é dogmático nem céptico, não é empirista nem racionalista, não é nem realista nem idealista, mas aceita e supera argumentos de todas estas filosofias. Tal como afirma o filósofo actual Kuno Lorenz (1999, p. 148),

“toda a disputa moderna, que, no princípio, se desenrolou entre o racionalismo clássico e o empirismo – incluindo os seus cognatos analíticos no século XX, o racionalismo lógico e o empirismo lógico, e, presentemente, o mentalismo e o behaviourismo, ou as recentes fusões de estruturalismo e funcionalismo “de cima para baixo” ou “de baixo para cima”, no que diz respeito à fundação do conhecimento científico – toda essa moderna disputa pode basicamente ser compreendida como uma disputa sobre o que é que vem primeiro, a forma ou a matéria, os poderes da mente ou os poderes da natureza, disputa essa na qual as duas partes se encontram, em regra, completamente cónscias do facto que a mente pertence à natureza e que falar da natureza é uma particular realização da mente.”

Sem o recurso ao conteúdo da mente seria impossível interrogar a natureza e sem os dados fornecidos pela natureza não haveria mais conhecimento científico na mais rica das mentes. É, pois, descabido defender-se um método, seja ele empírico-indutivista ou racionalista, conforme se mostra através das respectivas simulações que se seguem:

Simulando um modelo de método científico empirista...

1º - *Observação*: aplicar atentamente os sentidos, fazer as medições com todo o cuidado para recolher dados científicos o mais exactamente possível.

2º - *Hipótese*: fazer uma suposição acerca da lei que explica o fenómeno.

3º - *Experimentação*: recriar o fenómeno no laboratório, usando os aparelhos experimentais e as regras de Francis Bacon, preenchendo uma «tábua de presenças», outra «de ausências» e «outra de graus» ou, querendo ser mais actual, a metodologia de Stuart Mill, um refinamento da de Bacon ou, querendo ser ainda mais moderno, recorrendo às actuais tabelas de dupla ou tripla entrada, estatísticas, etc.

4º - *Indução*: generalizar as regularidades encontradas com as transformações dos dados obtidos experimentalmente para todos os fenómenos análogos ao fenómeno em causa.

5º - Etc., etc.

Crítica

No 1º ponto há que aplicar atentamente os sentidos. Para observar o quê? Ao acaso? Estamos à espera que a natureza se encarregue de nos dar de bandeja os dados de que nós necessitamos? Falta uma reflexão profunda para sabermos o que vamos observar e como vamos observar. Falta um passo 0 chamado reflexão (uso da mente).

Passemos ao 3º ponto. Como usar os aparelhos sem ter por trás um conhecimento teórico acerca do seu funcionamento, da teoria dos erros cometidos, etc.?

Simulação de um modelo de método científico racionalista...

1º- *Axiomas*: formulam-se um, dois ou três princípios com carácter axiomático, o mínimo necessário para se construir a teoria do fenómeno.

2º- *Dedução*: por meio do raciocínio hipotético-dedutivo, com todo o rigor lógico proporcionado pela Matemática, desenvolvemos uma teoria baseada nos axiomas.

3º- *Leis secundárias*: com base na teoria deduzimos racionalmente leis válidas para o fenómeno.

4º - Etc., etc.

Crítica

No 1º ponto são formulados princípios básicos. Mas porquê esses e não outros? Com princípios diferentes, podemos chegar a conclusões semelhantes acerca dos mesmos fenómenos. Veja-se, por exemplo, os princípios da física newtoniana, diferentes dos da física einsteiniana e chegando a previsões semelhantes para os fenómenos de movimento a baixas velocidades. O que nos garante que esses princípios são os correctos e não outros? Não temos qualquer garantia absoluta. O indício de quais são os correctos é fornecido pela experiência. Portanto, está escondido um ponto 0, que é: experiências vividas que indiciam os princípios adoptados.

O conhecimento de como a ciência se constrói conduz-nos ao construtivismo, mas não ao construtivismo radical, que consideramos demasiado subjectivo e céptico, dando-nos uma imagem distorcida da história e dos sucessos da ciência, tal como muito bem mostra Robert Nola (1998, p. 54) ao colocar 8 objecções a esse construtivismo. Na impossibilidade de nos debruçarmos aqui sobre essas e outras objecções ao construtivismo radical, remetemos o leitor interessado para este artigo de Nola.

Admitimos, com base na história da ciência e na análise sociológica das práticas quotidianas nas ciências (etnometodologia), como fizeram M. Lynch e R. Mc. Nally (1999, p. 159 a 186), que toda a ciência válida tem vindo a percorrer um processo de **objectivação**. Este conduziu àquilo que poderemos chamar uma *objectividade fraca*, significando um caminho em direcção ao conhecimento de objectos simultaneamente dados e adquiridos. De facto, a investigação científica incide sobre os fenómenos e não os númenos, no sentido kantiano, sendo o produto de relações entre os sistemas conceptuais dos investigadores e o mundo a que pertencem. Assim sendo, a aproximação a esses fenómenos faz-se, não pela positiva, isto é, com o conhecimento do que são exactamente «em si», mas pela negativa, isto é, daquilo que eles não podem ser face às restrições teóricas impostas pelas leis científicas (pense-se, por exemplo, nas restrições impostas pelas leis termodinâmicas) e face aos limites das incertezas sempre associadas às medições experimentais.

O Vê do conhecimento e a parada de Vês

Ao examinarmos criticamente a história da ciência que notamos de sistemático? Notamos, certamente, uma interacção permanente a ocorrer entre duas grandes componentes do conhecimento: uma teórico-conceptual e outra prático-metodológico-experimental. Quando, num estudo qualquer do motor de um automóvel, por exemplo, são consideradas as paredes do motor, não se pode desgarrar a condição de pedaço de matéria obtida da natureza do processo construído que conduziu ao motor, bem como de múltiplas ideias construídas tais como rigidez, densidade, resiliência, etc. (Valadares, 1995, p. 157). Esta interacção entre pensamento e acção ressalta bem das seguintes definições que alguém deu e que reconstituo de cor:

- cientista teórico é aquele que analisa teoricamente e prevê resultados obtidos pela experiência.
- cientista experimental é aquele que verifica, aplica e propicia experimentalmente ideias construídas pela teoria.

A análise crítica da história da ciência também realça a importância decisiva que sempre desempenharam os grandes **problemas** a investigar, os quais determinaram a escolha dos **objectos/acontecimentos** em estudo, simultaneamente dados e construídos, como dissemos.

A mesma análise mostra, ainda, como as grandes **crenças acerca do mundo, as filosofias e as teorias** foram decisivas no processo de investigação. Os exemplos conhecidos do pitagorismo de Kepler, do «positivismo» de Ptolomeu e de todos os que sempre procuraram «salvar as aparências»,

da heliolatria de Copérnico, do platonismo de Galileu, do empiriocriticismo de Mach, do realismo de Einstein, Schrodinger e de Broglie, do idealismo dos cientistas da Escola de Copenhaga, para não citar outros, são altamente sugestivos de como o pensamento de quem constrói ciência está «contaminado» para o melhor e para o pior, que não há ciência liberta de convicções prévias.

Associadas às mais diversas teorias estiveram sempre afirmações aceites por períodos mais ou menos longos ou curtos: os **princípios**. Os grandes princípios da Ciência eram para Kant afirmações *sintéticas* (os tributos do complemento não estão incluídos no sujeito) e *a priori* (não resultantes, portanto, da experiência). Outros filósofos, particularmente os empiristas, consideravam-nos como um produto fundamentalmente alicerçado na experiência. Uma das grandes figuras científicas do «virar da página» da história do século XIX para o século XX, Henri Poincaré, considerava os princípios científicos como *afirmações convencionais*, mas *não arbitrarias*, que se impõem pelo facto de com elas ser mais fácil compreender os fenómenos do que com outras. Einstein considerava-os como simples *criações livres do espírito humano*, ao contrário de outros pensadores que viram neles uma origem divina. Já vimos que, actualmente, consideram-se os grandes princípios de conservação como o resultado de simetrias profundas em que a natureza é pródiga. Houve princípios históricos, como, por exemplo, o de Fitzgerald- Lorentz da contracção real ou efectiva dos objectos na direcção do seu movimento, que se revelaram autênticas *hipóteses ad-hoc* e acabaram por não se impor. Veremos ao referir-nos à parada de Vês, que, à luz do construtivismo que lhe está subjacente, os princípios inerentes a uma teoria utilizada numa investigação são o produto de juízos cognitivos e de valor de outras investigações que a antecederam.

Quem analisar em profundidade a construção histórica da ciência verá que foi com os «olhos da mente» ou, mais explicitamente, com os sentidos «contaminados» por uma mente cheia de **conceitos**, enredados de um modo tão complexo quanto idiossincrático, que cada investigador sempre «viu» os fenómenos e os objectos para deles extrair **registos** e destes **factos**. Enquanto para Galileu, cuja mente estava ainda «contaminada» por ideias platónico-pitagóricas, o movimento dos planetas era naturalmente circular por ser a circunferência a curva perfeita por natureza, para Descartes e Newton, já libertos dessas «amarras» conceptuais (que não de outras!), tal trajectória não podia ser natural e exigiria a actuação de forças, porque o único movimento na ausência de forças seria o movimento rectilíneo com rapidez constante.

As teorias são adoptadas, por um lado, pelo veredicto da experiência, mas também são influenciadas pelas **visões do mundo** e pelas **convicções filosóficas** de cada um, e isto mesmo nas ciências ditas exactas. Veja-se, a título de exemplo, as teorias de Maxwell e Weber que previam os mesmos factos experimentais, mas enquanto Maxwell admitia a existência de um referencial absoluto ou referencial do éter, Weber admitia, na linha de Mach, apenas referenciais relativos, por isso as expressões que atingiu eram todas de grandezas relativas.

A história da ciência mostra, igualmente, como os **registos** convertidos mentalmente em **factos** foram sempre **transformados** de modo a formular **juízos cognitivos** em resposta aos problemas em estudo, mas deixando sempre a porta aberta para novos problemas e novas investigações.

E é também certo que na ciência sempre se formularam **juízos de valor** (de modo mais ou menos implícito ou explícito e algumas vezes de modo polémico a até mesmo acalorado...) acerca dos trabalhos de investigação e ideias a eles inerentes.

Encontram-se também na história da ciência diversos exemplos que mostram **como os juízos cognitivos e de valor de umas investigações foram fundamentais para o modo como**

ocorreram outras investigações que a elas se seguiram na mesma linha de pensamento, como foi o caso, por exemplo, do resultado negativo das experiências de electrodinâmica dos corpos em movimento.

É importante dizer-se, a terminar esta análise de índole histórica, que a subjectividade do conhecimento individual acaba por dar lugar ao já referido processo de **objectivação** à medida que progride a construção do conhecimento de uma dada área científica. As interpretações que revelam amplos consensos entre membros de uma comunidade científica, fruto da «negociação» de ideias entre eles, não são de modo algum construções arbitrárias. São, como afirma Jean Ladrière (1999, p. 105) “o caminho para verdades mais profundas”. Quem analisar, por exemplo, o percurso histórico que conduziu à teoria da relatividade restrita, não deixará de encontrar fundamentação para estas ideias. Na impossibilidade, por motivo de espaço, de desenvolver em pormenor esse percurso histórico, resumimo-lo no quadro do **Anexo II**.

Quem «pegar no fio à meada» na altura (1905) em que Einstein estabelece a teoria da relatividade, ficará com uma visão tão racionalista quanto deturpada da construção desta teoria, assim como quem iniciar a «história» (como muitas vezes se vê fazer) pela experiência de Michelson-Morley, ficará com uma visão empirista, igualmente deturpada, da construção da mesma teoria.

O melhor instrumento que conheço para se adaptar o mais fielmente possível às características inerentes ao trabalho de pesquisa científica é o **Vê do conhecimento, Vê epistemológico, Vê heurístico** ou **Vê de Gowin**. A figura da página seguinte mostra o Vê do conhecimento. Os elementos que compõem o Vê, **questões-foco** e **objectos /acontecimentos, visões do mundo** e **filosofias, teorias e princípios, conceitos** e **registos, transformações** de registos e **juízos de conhecimento** e **de valor** interactuam de modo a estruturar todo o conhecimento, tal como a análise histórica da ciência nos mostra. Assim:

- Os juízos de valor interferem nas visões do mundo e filosofias e estas, por sua vez, são relevantes não só nos conceitos, princípios e teorias como na formulação de novos juízos cognitivos e de valor.

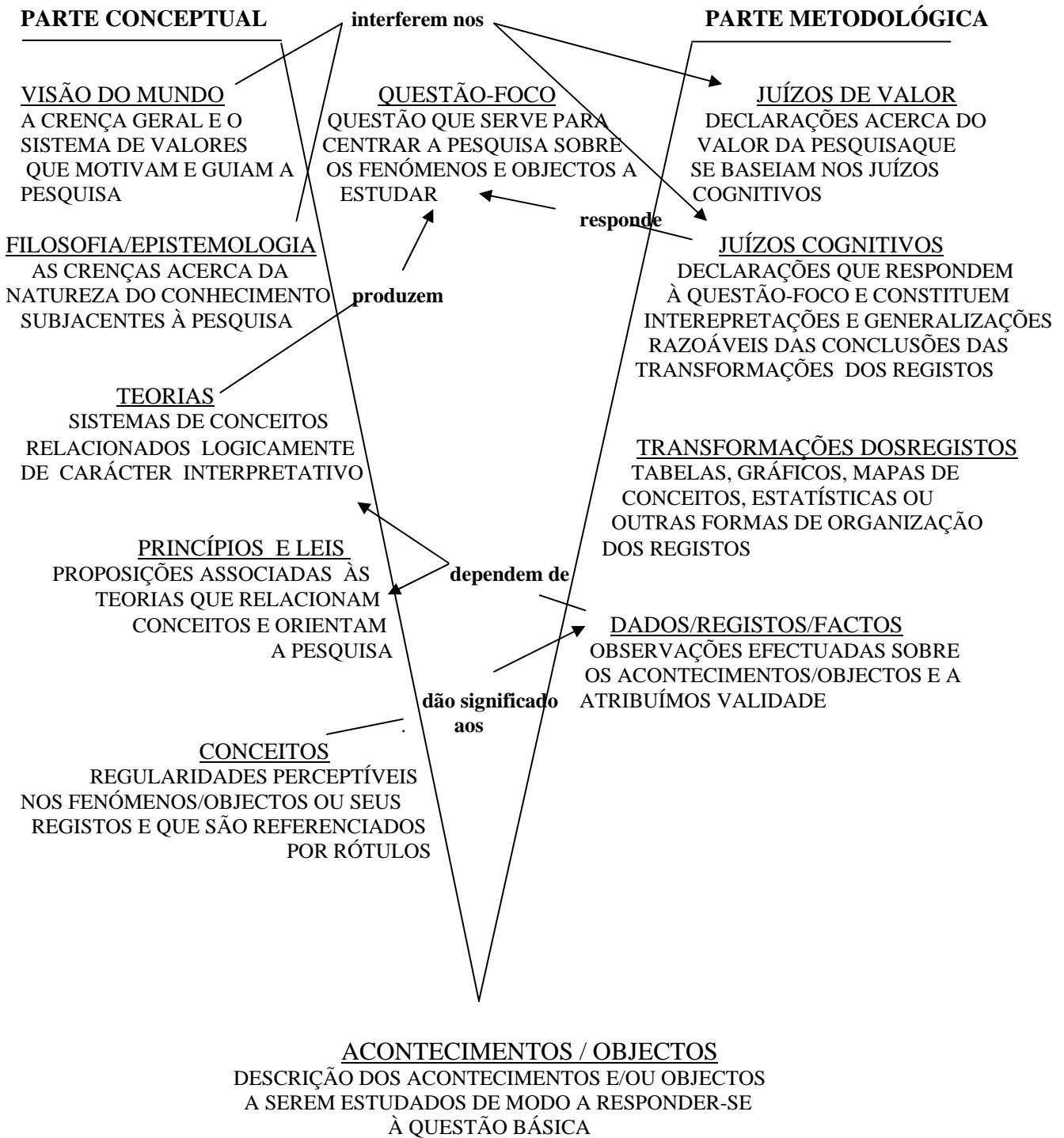
- As teorias, princípios e conceitos de que o investigador dispõe interferem no modo como conceptualmente e metodologicamente ele aborda os objectos / acontecimentos, atribui significado aos registos e transforma estes de modo a formular juízos cognitivos e de valor, e estes, por sua vez, vão contribuir para o refinamento dessas teorias, princípios e conceitos.

- As teorias são o produto de investigações teórico-experimentais anteriores, mas são também influenciadas por visões do mundo e por convicções filosóficas.

- Etc., etc.

O Vê do Conhecimento, tal como se apresenta na página seguinte, suporta, em nossa opinião, todas as ideias atrás expostas acerca da construção do conhecimento científico, particularmente os princípios enunciados.

O VÊ DO CONHECIMENTO



Vê construído com base no de Joseph Novak, no livro *Ensinando Ciência para a Compreensão*, coordenado por Mintzes, Wandersee e Novak, 2000, p. 35 e no Vê de M. Moreira e B. Buchweitz, 1993, p. 61

A ciência é um processo, um devir, em que o novo conhecimento se vai construindo sobre conhecimento anterior. Este processo de construção poderá ser traduzido por uma sequência de Vês de Conhecimento – *parada de Vês* (Novak, 1998, p. 95). Numa parada de Vês, os elementos da parte metodológico-experimental de um Vê acabam por estar na origem da parte teórico-conceitual de outro Vê.

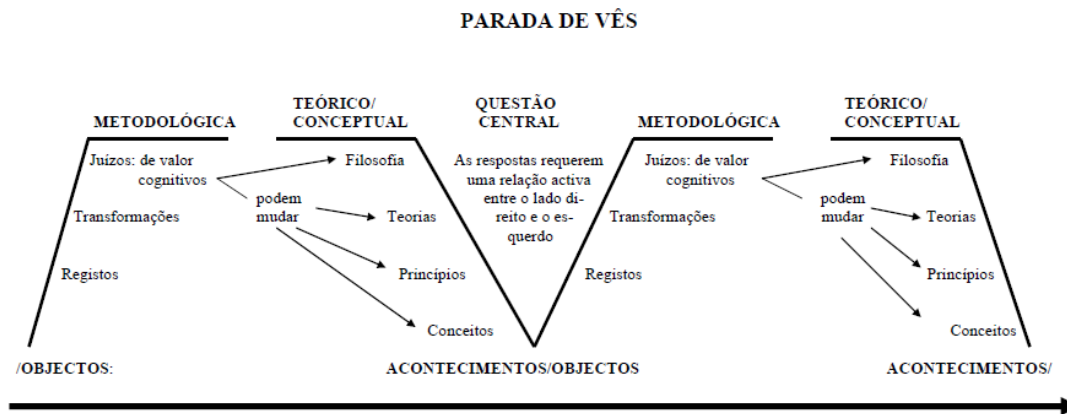


Figura adaptada da Fig. 8.2, pp. 168 e 169, do livro *Aprender a aprender*, de Novak e Gowin, Plátano Universitária, 1996

A análise histórica da construção da teoria da relatividade restrita, com especial incidência nos trabalhos originais de H Lorentz e A. Einstein⁵, conduziu-me à construção dos quadros que constam do **Apêndice III**. Estes procuram mostrar os componentes de dois Vês de Conhecimento que correspondem a essas duas investigações históricas sequenciais acerca dos fenómenos electromagnéticos em corpos móveis. O primeiro centra-se nos trabalhos de Lorentz dos finais do século XIX e inícios do século XX, até 1904, e antecede o trabalho de Einstein. O segundo centra-se no contributo de Einstein de 1905.

Conclusões

Consciente da dificuldade em sintetizar em poucas linhas todas as conclusões que gostaria que fossem extraídas das ideias subjacentes a este trabalho, permito-me destacar as três seguintes:

1^a - Os recentes «*science studies*», levados a cabo por diversos pensadores de diferentes áreas⁶, mostram como a objectividade da ciência vingou, não uma objectividade forte, substancialista, assente no clássico realismo hoje inaceitável, mas uma **objectividade fraca** assente numa intersubjectividade dos membros da mesma comunidade científica (F. Gil, 1999, p. 25, J. Ladrière, 1999, p. 132, M. Lynch e R. Mc. Nally, 1999, p. 166).

2^a - O Vê do Conhecimento afigura-se, de facto, um instrumento construtivista adequado às características gerais da produção do conhecimento científico tal como a história deste nos revela.

⁵ Traduzidos directamente do original alemão para português (1972).

⁶ Destes pensadores, 22 passaram recentemente por Portugal num ciclo de conferências intitulado «*A ciência tal qual se faz*», da responsabilidade do Ministro da Ciência português, e de que resultou um livro referido na Bibliografia com o mesmo nome.

3ª - Ao admitirmos o princípio da existência de similaridades entre ideias que os alunos vão revelando nas aulas em resultado do seu desenvolvimento psicogenético e ideias que foram surgindo no decorrer da história da ciência, fundamentado na existência de determinados mecanismos cognitivos e ao revelar a impossibilidade de um método científico linear, seja ele racionalista ou empirista, teremos de concluir que o Vê do conhecimento é um instrumento poderoso que deveremos colocar definitivamente ao serviço da aprendizagem dos alunos de ciências.

A terminar esta análise, permito-me acrescentar a experiência pessoal de utilização do Vê de Conhecimento. Ele serviu de base à minha tese de doutoramento, ao texto de Didáctica da Física que preparei para o exame de agregação e senti vincadamente quanto importante foi para a organização dos trabalhos que produzi. Por outro lado, todos os meus estudantes de graduação e de pós-graduação, que acederam a meu pedido de trabalharem com o Vê do Conhecimento, sempre teceram considerações francamente abonatórias do seu valor (Valadares, 1999).

Bibliografia

- Anderson, O. (1992). Some Interrelationships between Constructivist Models of Learning and Current Neurobiological Theory, with Implications for Science Education. *Journal of Research in Science Teaching*, pp. 1037-1058.
- Ausubel, D.(1968). *Educational psychology: a cognitive view*. (1ª ed.) Nova York: Holt, Rinehart and Winston
- Ausubel, D., Novak, J. e Hanesian, H. (1980). *Psicologia Educacional*. Rio de Janeiro. Ed. Interamericana.
- Damáso, A. (1995). *O Erro de Descartes, Emoção, razão e cérebro humano*. Lisboa: Publicações Europa América.
- Durant, W. (s/d). *História da Filosofia*. Lisboa: Edições Livros do Brasil.
- Einstein, A. (1972). Sobre a electrodinâmica dos corpos em movimento – A inércia de um corpo será dependente do seu conteúdo energético? in *Textos fundamentais da Física Moderna*, I volume, *O Princípio da Relatividade*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- Galsersfeld, E. Von (1978). *Radical constructivism and Piaget's concept of knowledge*. MURRAY, F.B. (Ed) *The Impact of Piagetian Theory*. Baltimore: University Park Press.
- Galsersfeld, E. Von (1996). *Construtivismo Radical - uma forma de conhecer e aprender*. Coleção Epigénese e desenvolvimento. Lisboa: Instituto Piaget.
- Galsersfeld, E. Von (1998). *Construtivismo Reconstructed: A reply to Schuting*, in *Constructivism in Science Education – a Philosophical Examination*. Ed. Michael Matthews, Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers.
- Gil, F. (1999). *A ciência tal qual se faz* (Prefácio). Lisboa: Edições João Sá da Costa.
- Goleman, D. (1997). *Inteligência Emocional*. Lisboa: Temas e Debates.
- Gowin D. B. (1990). *Educating*. Ithaca: Cornell University Press.
- Hessen, J. (1987). *Teoria do Conhecimento*. Coimbra: Arménio Amado Editora.
- Kant, I. (1990). *Crítica da razão Pura*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- Ladrière, J. (1999). A interpretação na ciência in *A ciência tal qual se faz*, coordenação e apresentação de Fernando Gil. Lisboa: Edições João Sá da Costa.

- Lorentz, H. (1972). Fenómenos Electromagnéticos num sistema que se move com qualquer velocidade inferior à da luz in *Textos fundamentais da Física Moderna*, I volume, *O Princípio da Relatividade*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- Lorenz K. (1999). Intuição e Formalismo in *A ciência tal qual se faz*, coordenação e apresentação de Fernando Gil. Lisboa: Edições João Sá da Costa.
- Lynch, M. e Mc Nally, R. (1999). Aprisionando um monstro: a produção de representações num campo impuro in *A ciência tal qual se faz*, coordenação e apresentação de Fernando Gil. Lisboa: Edições João Sá da Costa.
- Matthews M. (1998). *Constructivism in Science Education – a Philosophical Examination*. Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers.
- Mintzes, J. e Wandersee, J. (1998). Reform and Innovation in Science Teaching: A Human Constructivist View. Mintzes, Wandersee e Novak (Ed) *Teaching Science for Understanding*. San Diego, London. Boston: Academic Press
- Moreira, M. e Buchweitz, B. (1993). *Novas Estratégias de ensino e aprendizagem*. Lisboa: Plátano Edições Técnicas , Colecção Aula Prática.
- Nola, R. (1998). Constructivism in Science and Science Education; A Philosophical Critique. In *Constructivism in Science Education – a Philosophical Examination*, Edit. Michael Matthews. Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers.
- Novak, J. (1993). Human Constructivism: a unification of psychological and epistemological phenomena in meaning making. *International Journal of Personal Construct Psychology*, 6, 167-193
- Novak, J. D. e Gowin D. B. (1984). *Learning how to Learn*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Novak, J. D. e Gowin D. B. (1996). *Aprender a aprender*. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, Colecção Plátano Universitária.
- Novak, J. (1998). *Learning, Creating and Using Knowledge*. London: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Petitot, J. (1999). Em direcção a uma física das ciências humanas, in *A ciência tal qual se faz*, coordenação e apresentação de Fernando Gil. Lisboa: Edições João Sá da Costa.
- Piaget, J. e Garcia, R. (1987). *Psicogénese e História das Ciências*. Lisboa: Publicações Dom Quixote.
- Trowbridge, J. e Wandersee, J. (1998). Theory-Driven Organizers. In Mintzes, J. et al., *Teaching Science for Understanding – a Human Constructivist View*. San Diego: Academic Press.
- Valadares, J. (1995). Concepções Alternativas no ensino da Física à luz da Filosofia da Ciência, Vol.s 1 e 2. *Tese de Doutoramento*. Lisboa: Universidade Aberta.
- Valadares, J. (1999). *O Vê de Gowin: um instrumento poderoso de construção conceptual*. Comunicação ao VII Encontro Nacional - Educação em Ciências que decorreu na Universiade do Algarve.

ANEXO I

ANALOGIAS ENTRE CONCEPÇÕES DE ALUNOS E CONCEPÇÕES HISTÓRICAS

Concepções de alunos	Concepções históricas
A Terra é plana, estática, com o espaço por cima e uma vertical absoluta com dois sentidos, para cima e para baixo.	Na civilização egípcia supunha-se que a terra fosse plana e a concepção geostática do mundo sobreviveu até se impor o modelo de Copérnico.
A matéria é contínua e divisível.	Concepção aristotélica que se impôs sobre a atomista.
Entre as partículas de um gás não há vazio, mas pó ou outras partículas, outros gases.	A ideia da inexistência do vazio é aristotélica, tendo perdurado durante muitas centenas de anos.
As partículas de matéria estão apertadas umas contra as outras.	A dificuldade em admitir o vazio é histórica, por influência de Aristóteles.
Um corpo inanimado só se mantém em movimento se for actuado por forças.	"Com efeito, dizer que estas coisas se movem pela sua própria natureza é impossível, porque isso é próprio dos animais e dos seres animados (Aristóteles , in <i>Física</i>).
A força como uma propriedade ou grandeza interna ao corpo que se move.	Se, por exemplo, uma seta se move no ar há uma força interna que a faz mover - uma espécie de «ímpeto» como pensavam os criadores da teoria do ímpeto».
"Se a pomos aqui (partida) é preciso que ela tenha um fim para onde vai sempre, ela deve ter o seu lugar natural" (explicação de uma criança de 8:7 para a queda de uma bola, in Piaget e Garcia, 1987, p. 76)	Para os peripatéticos , um corpo pesado cai com uma finalidade, o seu movimento natural ocorre porque o fim do elemento «terra» é ocupar o seu lugar natural por baixo dos restantes «elementos».
O peso de um corpo é uma «propriedade oculta do corpo», é uma espécie de «força interna» que faz com que o corpo caia. O corpo cai pela sua própria natureza, sem que nenhuma força o puxe.	A natureza (de um corpo) é um princípio interno do movimento" (Aristóteles , in <i>Do Céu</i>). Para Aristóteles, o movimento natural tem uma causa intrínseca, um «motor interno».
Um corpo em repouso é forçado a mover-se por acção de uma força e move-se apenas enquanto a força actua.	Para os peripatéticos , os movimentos violentos são originados por uma causa externa – um «motor externo». Se esse «motor» deixar de funcionar, o corpo pára.
A investigação psicogenética mostrou que as ideias das crianças acerca dos projecteis se revelam surpreendentemente análogas às de Buridan (Piaget e Garcia, p. 38). As ideias espontâneas dos alunos que a investigação das concepções alternativas tem revelado são as seguintes, de características efectivamente análogas às da teoria do ímpeto: <ul style="list-style-type: none"> • quanto mais rapidamente um corpo se move de encontro a nós «mais força ele trás»: • quanto maior ou mais forte for um corpo, «mais força ele tem» (o pugilista forte exerce um golpe com «mais força» no débil do que a resposta que sofre dele). 	Buridan explicava o movimento de um projectil afirmando que o «motor» que põe o projectil em movimento lhe comunica uma certa «virtus motiva», um certo ímpeto, que actua na própria direcção em que o «motor» coloca o projectil em movimento, «quer seja para cima ou para baixo, quer lateral quer circularmente» (Piaget e Garcia, 1987, p. 59). As características do ímpeto de Buridan são as seguintes: <ul style="list-style-type: none"> • quanto maior a velocidade que «o motor» comunica ao corpo, maior o «ímpeto» que o corpo possui; • quanto maior a quantidade de matéria do corpo, maior o «ímpeto» que ele possui.
Se um corpo se move para cima, há um força dirigida para cima superior à força gravítica dirigida para baixo.	"O corpo move-se para cima desde que a força motriz imprimida seja maior do que o peso resistente. Mas tal força é, como vimos, continuamente enfraquecida; finalmente, ela fica tão diminuída que deixa de ser maior do que o peso do corpo e não o impele para além daquele ponto..." (Galileu , in <i>de Motu</i>).

<p>Uma esfera que é obrigada a rodar num tubo, mantém-se a rodar quando a esfera sai do tubo.</p>	<p>Buridan afirmava que um corpo a rodar tem um ímpeto circular.</p>
<p>A energia é a causa do movimento. <i>"Sem energia não havia movimento"</i> (Bruno Henrique). <i>"A electricidade gera energia e a energia gera movimento"</i> (João Filipe)</p>	<p><i>"Os Escolásticos definiam a energia como sinónimo de força (vis) (...) os filósofos medievais chamavam-lhe ímpeto"</i> (V. de Sousa Alves, in Enciclopédia Verbo, volume VII). <i>O ímpeto</i> era uma causa interna de movimento.</p>
<p>Há uma indiferenciação persistente entre os conceitos de energia e força. <i>"A energia é uma força que serve para accionar diversos mecanismos"</i> (João Filipe). <i>"A energia" é uma força, um poder, que permite aos seres terem movimento e vida e pode ser transmitida</i> (David José).</p>	<p>Essa indiferenciação persistente é histórica conforme se vê nos seguintes títulos de obras: <i>«Observações acerca das forças da natureza inanimada»</i> (J. Mayer, 1842). <i>«Sobre a conservação da força»</i> (Helmholtz, 1847). <i>«Sobre a força motriz do calor e as leis que podem deduzir-se do estudo desta questão, aproveitáveis para a teoria do calor»</i> (Clausius, 1850).</p>
<p><i>"Energia é uma força natural e é também um facto indispensável à vida"</i> (João Ricardo). <i>"Energia é uma força natural pela qual todos os seres conseguem sobreviver"</i> (Filipe Miguel) <i>Energia é uma força que existe em todos os corpos do universo, que os transforma, que os cria, que os mata. É de origem desconhecida"</i> (Pedro Manuel).</p>	<p>Há um vitalismo histórico a respeito da energia que vem do tempo da <i>«vis vita»</i>, associando-se a energia à capacidade activa dos seres vivos e às suas diversas formas de actividade, desde a actividade muscular até à actividade neuropsíquica, falando-se de energia psíquica em vez de capacidade volitiva, intelectual, etc.</p>
<p>A energia solar é confundida com calor ou energia térmica a propagar-se. <i>"O Sol fornece energia térmica e energia luminosa"</i> (Vítor Manuel).</p>	<p>A confusão entre luz e calor é histórica. Assim: - Lambert, em 1777, estendeu ao calor as leis de propagação da luz. - Rochon, em 1783, estudou a «difracção do calor». - Seebeck falava em «raios caloríficos». Quem analisar hoje o capítulo XXIX da 51ª edição de Langlebert (1886, pp. 568-579) intitulado «Calor radiante» concluirá que está a estudar Óptica. Jamin, em 1869, falava em calores vermelho, amarelo, etc..</p>
<p><i>O frio é uma espécie de fluido que se propaga dos corpos frios para os quentes: "Fecha a porta para não entrar o frio!"</i></p>	<p>O italiano Della Porta estabeleceu algumas leis acerca da propagação do frio, por exemplo esta: <i>"O frio reflecte-se num espelho como o calor"</i>. (Schurmann, 1946, p. 189).</p>
<p><i>O calor é encarado como algo contido nos corpos e que transita dos corpos quentes para os frios.</i> Esta ideia de quantidade de calor contido transparece em certas frases que os alunos continuam a pronunciar com convicção de rigor, tais como: - <i>"Estou cheio de calor"</i>. - <i>"Que calor que está nesta sala!"</i></p>	<p>O calor foi, durante muitos anos, considerado um fluido imponderável contido nos corpos - o calórico, por Joseph Black e seus seguidores, ou por um movimento interno dos corpos. Francis Bacon, por exemplo, afirmava no século XVI, que o calor é um «movimento de «expansão e ondulação das partículas de um corpo» A confusão entre calor e energia interna persistiu historicamente, associado ao paradigma do éter.</p>
<p>O campo elétrico confundido com a força elétrica.</p>	<p>Faraday chamava linhas de força ao que hoje chamamos linhas de campo.</p>
<p>A conceção de que há duas correntes que fluem até à lâmpada dos dois polos da pilha.</p>	<p>Charles du Fay, em 1733, estabeleceu a existência de dois tipos de electricidade, a «vítrea» e a «resinosa», o que originou a ideia da existência de duas correntes de fluido eléctrico em sentidos opostos.</p>

<p>A corrente elétrica vista como algo que vai de uma fonte a um sumidouro (“o fluido vai do gerador à lâmpada”, “os volts vão do gerador à lâmpada”).</p>	<p>Franklin, em 1747, desenvolveu a teoria de um só fluido elétrico existindo em todos os corpos. O fluido circularia de um corpo com excesso desse fluido (eletrizado positivamente) a outro com deficiência desse fluido (eletrizado negativamente).</p>
<p>A diferença de potencial nos extremos de um condutor percorrido por corrente encarada como uma diferença de carga elétrica nesses extremos (“este polo tem mais potencial porque tem mais carga”).</p>	<p>Quando se pensou que a corrente elétrica envolvia um fluido subtil, os extremos de um condutor com corrente eram encarados como tendo uma diferença na quantidade desse fluido.</p>
<p>O recetor consome o que precisa do gerador enviado diretamente por um só fio que os une (as crianças ligam muitas vezes uma lâmpada por um único fio a um dos polos da pilha).</p>	<p>Corresponde à ideia histórica de um fluido elétrico a passar de um corpo onde existe em excesso para outro)</p>
<p>O olho emite uma espécie de raios visuais que permitem ver.</p>	<p>Platão acreditava que os olhos irradiam luz, sendo esta ideia posteriormente defendida por Euclides e Ptolomeu que defenderam a teoria dos raios visuais.</p>
<p>A distância a que a luz pode viajar é limitada pela extensão do seu efeito visível.</p>	<p>Para os antigos e para os adeptos da teoria dos raios visuais, a luz acabava por ser uma espécie de «bastões» retilíneos que estabeleciam o contacto físico com o que se observa.</p>

ANEXO II

A SUPERAÇÃO TEORIA-EXPERIÊNCIA VERIFICADA NA CONSTRUÇÃO DA TEORIA DA RELATIVIDADE

Data/Época	Contributo para a teoria da relatividade	Natureza predom..
...
1725	Estudo da aberração da luz das estrelas por Bradley . Baseia-se na teoria corpuscular da luz e na existência do éter não arrastado pela Terra e na do espaço e tempo absolutos.	Experimental
1800 e 1807	Estudo de Young para tentar interpretar as observações de Bradley . Difere deste ao adoptar a teoria ondulatória e conclui pelo não arrastamento do éter pelos astros.	Teórica
1808 / 9	Estudo de Arago da aberração da luz das estrelas através de um prisma. Baseia-se na teoria corpuscular e infirma a previsão de que a aberração deveria depender do sentido da Terra no espaço. A Terra não arrasta o éter .	Experimental
1821	Estudo de Fresnel para interpretar o resultado negativo da experiência de Arago . Baseia-se na teoria ondulatória e conclui que os corpos deverão arrastar parcialmente o éter de acordo com um coeficiente cuja expressão estabelece.	Teórica
1851	Trabalho de Fizeau com luz na água em movimento que confirma o arrastamento parcial do éter e o coeficiente de arrastamento de Fresnel .	Experimental
A partir de 1845	Diversas electrodinâmicas (de Fraz Neunamm, de Wilhelm Weber, de Bernhard Riemann, de Hermann von Helmholtz, de James Clerk Maxwell, etc.). Prevalece a ideia de um referencial absoluto , o do éter em repouso, e surge a possibilidade de mostrar o movimento absoluto no éter. Cria-se um conflito com a teoria de Fresnel confirmada por Fizeau .	Teórica
A partir de 1800	Diversos trabalhos de interferometria luminosa (de Michelson-Morley com luz terrestre, de Miller com luz solar, de Tomaschek com luz das estrelas, etc.) para detectar o movimento absoluto da Terra no éter. Nenhuma detectou o movimento absoluto no éter .	Experimental
Finais do século XIX e princípios do séc. XX	Diversas teorias tentando modificar a teoria de Maxwell (confirmada por Hertz!) que ficaram conhecidas por teorias da emissão , por admitirem que a velocidade da luz era constante, não em relação ao éter em repouso, mas em relação à fonte emissora.	Teórica
Finais do século XIX.	Observações das estrelas duplas (Sitter, etc) que mostram que as teorias da emissão não têm fundamento .	Experimental
A partir de 1892	Surgimento e aperfeiçoamento da teoria electrodinâmica de Lorentz , com a hipótese <i>ad hoc</i> de que os corpos sofrem uma contracção efectiva, por interacção com o éter , na direcção em que se movem, e em que estabelece as expressões das massas longitudinal e transversal de um electrão em função da velocidade. Surge também a teoria de Abraham .	Teórica
1902 e 1903	Medições feitas por Kaufmann dos desvios sofridos pelos «raios do rádio» em campos eléctricos e magnéticos que não infirmam as fórmulas de Lorentz , como também não infirmam as da teoria de Abraham (diferentes) .	Experimental

1905	Estabelecimento da teoria da relatividade restrita por Einstein . Adota as fórmulas de transformação de Lorentz , mas sem privilegiar o referencial do éter e sem qualquer interação física com este , deduz novas fórmulas da massa transversal e longitudinal , (<i>misconception!</i>), a fórmula relativista da composição das velocidades (coerente com o coeficiente de arrastamento de Fresnel) e a relação massa-energia .	Teórica
------	--	---------

APÊNDICE III

DUAS INVESTIGAÇÕES SEQUENCIAIS QUE CONDUZIRAM À TEORIA DA RELATIVIDADE

Investigação de Lorentz que precedeu a de Einstein

PROBLEMA / QUESTÃO-FOCO	Como se explicam os fenómenos electromagnéticos que ocorrem nos referenciais em movimento absoluto?
OBJETOS/FENÓMENOS EM ESTUDO	Sistemas que se movem em relação ao espaço absoluto (interferómetro de Michelson, condensador carregado de Trouton e Noble, etc.).
VISÃO DO MUNDO	Há um éter universal onde é possível definirem-se referenciais em repouso absoluto.
FILOSOFIA	Mais positivista que realista. Fortemente influenciada pelo mecanicismo.
TEORIAS	Teoria electromagnética de Maxwell. Teoria dos electrões de Lorentz.
PRINCÍPIOS	Os princípios formulados anteriormente por Maxwell e Lorentz e traduzidos nas equações que estabeleceram. A velocidade da luz é um limite superior das velocidades dos corpos (surge como uma restrição <i>ad hoc</i> imposta pelo desenvolvimento teórico e não como um postulado de suporte experimental). Os electrões comportam-se como esferas de raio R nos sistemas em que estão em repouso, mas deformam-se nos sistemas em que se movem por forças de interacção com o éter. Quando um electrão está em repouso, a sua carga distribui-se uniformemente pela superfície. As forças entre partículas neutras bem como as forças entre partículas neutras e electrões comportam-se do mesmo modo que as forças entre electrões. Um sistema que se move é deformado dinamicamente. As massas de todas as partículas são influenciadas por uma translação no mesmo grau que o são as massas electromagnéticas do electrão (Lorentz, 1972, p. 38).
CONCEITOS	Éter, referencial absoluto, deslocamento eléctrico, força magnética, densidade volumétrica de carga do electrão, força ponderomotriz, sistema electrostático, translação quase-estacionária, tempo local, massas electromagnéticas transversal e longitudinal, etc.
REGISTOS/DADOS/FACTOS	Registos interferométricos de Michelson-Morley e outros. Observações de refractometria de Rayleigh e Brace. Observações recolhidas por Trouton e Noble com um condensador carregado. Dados obtidos por Kaufmann sobre os desvios sofridos pelas «raios do rádio» em campos eléctricos e magnéticos.
TRANSFORMAÇÕES	Transformações dos dados inerentes às experiências anteriores (incluindo as tabelas de Kaufmann). Transformações das equações de Maxwell-Lorentz do referencial absoluto (do éter) para referenciais móveis. Introdução de um sistema e restrições <i>ad hoc</i> , etc.

<p>CONCLUSÕES</p>	<p>Equações de transformação das forças, dos momentos eléctricos, do deslocamento eléctrico e da força magnética do referencial em repouso absoluto para os referenciais móveis.</p> <p>O electrão comporta-se como se tivesse duas massas: uma quando intervém uma aceleração na direcção do movimento (massa longitudinal) e outra quando a aceleração é perpendicular ao movimento (massa transversal) (Idem, p. 30).</p> <p>Expressões das massas transversal e longitudinal.</p> <p>A influência de uma translação sobre o tamanho e forma de um corpo fica limitado às dimensões paralelas ao movimento que se reduzem de acordo com a contracção de Lorentz (Idem, pp. 17 e 34).</p> <p>Alguma coincidência entre as tabelas de valores previstos pela teoria de Lorentz e os valores obtidos experimentalmente por Kaufmann (concordância não superior à que ocorre com a teoria anterior de Abraham).</p> <p>Acordo da teoria de Lorentz com os resultados negativos das experiências de Rayleigh e Brace, Trouton e Noble, e Michelson-Morley.</p>
<p>JUÍZOS DE CONHECIMENTO</p>	<p>Os fenómenos electromagnéticos que ocorrem nos sistemas móveis são explicáveis com base na teoria de Lorentz que parte da hipótese de que os electrões são contraídos na direcção do movimento.</p>
<p>JUÍZOS DE VALOR</p>	<p>A teoria de Lorentz, apresentada com “todas as reservas” (Lorentz, 1972, p. 37). assenta em demasiadas hipóteses e artifícios e faz poucas previsões. Explica alguns factos experimentais, mas o seu acordo com as experiências de Kaufmann não se revela superior ao da teoria rival e anterior de Abraham, em que os electrões são considerados esferas indeformáveis.</p>

A electrodinâmica dos corpos em movimento com o contributo de Einstein (1905)

<p>PROBLEMA / QUESTÃO-FOCO</p>	<p>Como se explicam os fenómenos electromagnéticos que ocorrem nos referenciais em movimento relativo? Em particular: como se explica o facto de a teoria electromagnética de Maxwell, ao ser aplicada a fenómenos em movimento, conduzir a assimetrias que parecem não ser inerentes aos fenómenos? (Einstein, 1972, p. 47).</p>
<p>OBJETOS/FENÓMENOS EM ESTUDO</p>	<p>Sistemas que se movem uns em relação aos outros (interferómetro de Michelson, condensador carregado de Trouton e Noble, etc.).</p>
<p>VISÃO DO MUNDO</p>	<p>Não há um espaço absoluto. Todo o movimento no universo é um movimento relativo (diz respeito a um referencial e só a ele).</p>

FILOSOFIA	Eminentemente realista e operacionalista. Bastante liberta do mecanicismo e outros preconceitos. Influenciada pela filosofia de Mach.
TEORIAS	Teoria electromagnética de Maxwell-Hertz.
PRINCÍPIOS	<i>Princípio da relatividade</i> – As leis da Física, quer sejam mecânicas ou electromagnéticas, são válidas em todos os referenciais de inércia (móveis com velocidade constante uns em relação aos outros). <i>Princípio da velocidade da luz</i> – a velocidade da luz no vácuo é um limite superior das velocidades dos corpos e não depende dos movimentos do emissor e do detector (surge como um postulado da teoria).
CONCEITOS	Referencial relativo, sincronismo de relógios, simultaneidade relativa, covariância das leis físicas, força eléctrica, força magnética, massas electromagnéticas transversal e longitudinal, etc.
REGISTOS/DADOS/FACTOS	Os mesmos dados de que Lorentz dispôs (ver tabela anterior), mas muitos dos quais Einstein nem sequer conhecia.
TRANSFORMAÇÕES	Transformações de dados inerentes a experiências anteriores (mas algumas desconhecidas de Einstein). Transformações conducentes às fórmulas de transformação das coordenadas espaciais e do tempo na passagem de um referencial em repouso relativo para outro em movimento em relação ao primeiro.
CONCLUSÕES	Equações de transformação das coordenadas espaciais e do tempo na passagem de um referencial em repouso relativo para outro em movimento em relação ao primeiro. Equação da contração cinemática do comprimento longitudinal. Equação da dilatação cinemática do tempo. Paradoxo dos relógios (ou dos gémeos). Lei da adição das velocidades. Prova de que as equações de transformação de coordenadas constituem um grupo (o que não sucedia com as de Lorentz). Equações de transformação da força eléctrica e da força magnética. Expressões do efeito Doppler (relativista) e da aberração. Para um observador que se aproximasse de uma fonte de luz com a velocidade da luz, a intensidade desta seria infinita (Einstein, 1972, p. 75). Leis de transformação da energia e da frequência de um pacote de luz de um referencial fixo para um móvel (são da mesma forma, o que está de acordo com a relação $E = hf$, sem que esta relação tenha sido usada no estabelecimento dessas leis). Processo de reduzir os problemas de óptica dos corpos em movimento a uma série de problemas de óptica em repouso (Einstein, 1972, pp. 75 a 79). Expressões das massas transversal e longitudinal das partículas (uma <i>misconception!</i>).

CONCLUSÕES (CONTINUAÇÃO)	Expressão da energia cinética relativista. Expressão do raio de curvatura da trajectória de uma partícula carregada quando sujeita a uma força magnética perpendicular à sua velocidade. Estabelecimento da relação entre massa e energia. Esclarecimento das assimetrias que parecem não ser inerentes aos fenómenos quando a teoria electromagnética de Maxwell é aplicada a fenómenos em movimento (Einstein, 1972, p.72).
JUÍZOS DE CONHECIMENTO	Os fenómenos electromagnéticos que ocorrem nos corpos móveis são explicáveis com base na teoria da relatividade restrita de Einstein de 1905.
JUÍZOS DE VALOR	A teoria de Einstein de 1905 assenta em dois princípios apenas e faz inúmeras previsões. Mostra-se de acordo com todos os factos experimentais conhecidos até ao seu tempo (e tem-se revelado de acordo com todos os factos experimentais entretanto descobertos que cabem dentro do seu âmbito).