

Ciências Cognitivas na Educação

Niltom Vieira Junior



Pós-graduação
em Docência

EAD



Niltom Vieira Junior

Ciências Cognitivas na Educação
Edição

Arcos

Instituto Federal de Minas Gerais

2019

© 2019 by Instituto Federal de Minas Gerais *Campus* Arcos

Todos os direitos autorais reservados. Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida ou transmitida de qualquer modo ou por qualquer outro meio, eletrônico ou mecânico. Incluindo fotocópia, gravação ou qualquer outro tipo de sistema de armazenamento e transmissão de informação, sem prévia autorização por escrito do Instituto Federal de Minas Gerais *Campus* Arcos.

Presidente do CEAD Arcos	Jefferson Rodrigues da Silva
Coordenador do curso	Niltom Vieira Junior
Revisor	Jefferson Rodrigues da Silva
Arte gráfica	Ângela Bacon
Diagramação	Eduardo Oliveira

FICHA CATALOGRÁFICA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Índice para catálogo sistemático:

1. Ensino: Cognição: Modelos Mentais

Vieira Junior, Niltom
Ciências Cognitivas na Educação / Niltom
Vieira Junior. -- Arcos, 2019.
49 f. : il

Apostila (Pós-Graduação em Docência) -- Instituto
Federal de Minas Gerais, 2019.

1. Ciências Cognitivas. 2. Desenvolvimento
Cognitivo. 3. Modelos Mentais. I. , . II. Título.

2019

Direitos exclusivos cedidos à
Instituto Federal de Minas Gerais *Campus* Arcos,
Avenida Juscelino Kubitschek, 485,
CEP 35588-000- Bairro Brasília, Arcos - MG - Brasil,
Telefone: (37) 3351-5173

Palavra do professor-autor

Colega professor, seja bem-vindo ao estudo das Ciências Cognitivas na Educação!

Esta disciplina apresenta um referencial teórico mais extenso que irá requerer muita leitura e maior abstração. Por essa razão, importantes textos complementares são indicados na apostila. Eles serão essenciais para facilitar a compreensão do conteúdo.

Já para o seu início é necessário um resgate sobre os primeiros estudos do comportamento humano: o *behaviorismo*. Em seguida, vamos compreender o processo histórico que culminou no nascimento das Ciências Cognitivas, uma das poucas áreas em que se tem definido um instante claro de sua criação. Assim, veremos que sua origem remete a uma tentativa multidisciplinar de se compreender a mente e o raciocínio.

Logo depois, vamos conhecer a teoria dos Modelos Mentais e, além dos seus pressupostos teóricos, analisar alguns estudos de caso que permitirão abstrair as possibilidades de sua aplicação na prática escolar.

Para encerrar será apresentado um conceito do desenvolvimento cognitivo, adotado por alguns autores, que abre outras muitas possibilidades de estudo e nos mostra que ainda há muito para se descobrir acerca da mente humana.

Caso seja seu primeiro contato com este assunto, os princípios básicos apresentados nesta apostila já propiciarão boas reflexões. Mas, se desejar se aprofundar no tema para o seu trabalho de conclusão, eles lhe abrirão portas para outras tantas descobertas mais recentes e sofisticadas sobre a cognição humana.

Então, mãos à obra e boa leitura.

Niltom Vieira Junior.



Apresentação do curso

Este curso está dividido em 4 semanas, cujos objetivos são apresentados, sucintamente, a seguir.

Semana 1	Histórico do desenvolvimento das "Ciências Cognitivas" e introdução aos Modelos Mentais.
Semana 2	Os níveis de evolução dos Modelos Mentais e suas estratégias de investigação.
Semana 3	Estudos de caso envolvendo os Modelos Mentais na prática escolar.
Semana 4	As habilidades dinâmicas e o desenvolvimento cognitivo de Fischer.

Carga horária: 40 horas.

Estudo proposto: 2h por dia em 5 dias por semana (10 horas semanais).

Apresentação dos Ícones

Os ícones são elementos gráficos para facilitar os estudos, fique atento quando eles aparecem no texto. Veja aqui o seu significado:



Atenção: indica pontos de maior importância no texto.



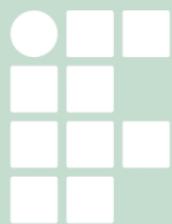
Dica do professor: novas informações ou curiosidades relacionadas ao tema em estudo.



Atividades: sugestão de tarefas e atividades para o desenvolvimento da aprendizagem.



Mídias digitais: sugestão de recursos audiovisuais para enriquecer a aprendizagem.



Sumário

1.1.	As Ciências Cognitivas	1
1.2.	O conceito de Modelos Mentais	5
2.1.	A evolução dos Modelos Mentais	8
2.2.	Investigação dos Modelos Mentais.....	9
2.3.	Os Modelos Mentais e a Aprendizagem	12
3.1.	Estudo de caso 1: os níveis dos Modelos Mentais	16
3.1.1.	Os Modelos Mentais de vetores	17
3.2.	Estudo de caso 2: os níveis e subníveis dos Modelos Mentais	18
3.2.1.	Os Modelos Mentais de finanças.....	19
4.1.	Desenvolvimento Cognitivo segundo Kurt Fischer	24
4.2.	E os Modelos Mentais?	28
	REFERÊNCIAS	30
	CURRÍCULO DO AUTOR	33



Objetivos

Nesta semana você irá conhecer um breve histórico das Ciências Cognitivas e os princípios da Teoria dos Modelos Mentais.



Mídias digitais: Antes de iniciar os estudos, vá até a sala virtual e assista a apresentação da professora formadora no **Vídeo 1.1**.



Atividade 1.1: para estudarmos alguns aspectos do cognitivismo é muito importante conhecer previamente os princípios do *conexionismo* e do *behaviorismo*. Para isso, faça a leitura deste resumo preparado pelas Professoras Alessandra Bizerra e Suzana Ursi ([download](#)).

1.1. As Ciências Cognitivas

Segundo Johnson-Laird, o teórico dos Modelos Mentais, a mente é mais complicada do que qualquer teoria a seu respeito. Por essa razão, muitos questionamentos relacionados ao seu estudo vêm ocorrendo ao longo do tempo e teorias diversas aplicáveis à aprendizagem têm sido debatidas, aceitas ou refutadas (JOHNSON-LAIRD, 1983).

Muitas destas teorias advêm de pesquisas interdisciplinares em áreas como, por exemplo, psicologia, linguística, computação, neurologia, filosofia etc., o que deu origem à chamada **Ciência Cognitiva**¹. Ciência na qual uma das estratégias é estudar o funcionamento da mente em termos de representações mentais e procedimentos que atuam sobre elas – normalmente com o uso de analogias com os computadores (MOREIRA, 1998).

Em seu livro intitulado “A Nova Ciência da Mente”, Howard Gardner descreve em detalhes o histórico da sua evolução e apresenta a repercussão decisiva, para o estabelecimento da Ciência Cognitiva, de trabalhos apresentados no Simpósio Hixon – um evento que reuniu eminentes cientistas para debaterem os mecanismos cerebrais do comportamento². Destacaram-se, por exemplo, os estudos do matemático Neumann, quem realizou comparações consideradas extraordinárias entre o computador e o cérebro; do

¹ Gardner (2003) define a Ciência Cognitiva como um esforço contemporâneo para responder questões epistemológicas de longa data, principalmente àquelas relativas ao conhecimento. Trata-se de uma classificação mais abrangente, multidisciplinar e não restrita à psicologia.

² Foi realizado em 1948 no *Califórnia Institute of Technology*.

neurofisiologista McCulloch, quem explorou paralelos entre o sistema nervoso e máquinas lógicas; e do psicólogo Lashley, ironicamente um dos primeiros discípulos de Watson (precursor do *behaviorismo*), quem proferiu um discurso memorável desafiando alguns dogmas da psicologia herdados de modelos mecanicistas, como os propostos por Watson, Pavlov e Skinner (ao contrário do que se esperava, a originalidade e genialidade ao desafiar conhecimentos já estabelecidos em um evento daquela dimensão geraram a ele homenagens (GARDNER, 2003).



Dica do professor: caso deseje se aprofundar, faça a leitura dos trabalhos de destaque do *The Hixon Symposium: Cerebral Mechanisms in Behavior* ([download](#)).

Embora esta “nova ciência” tenha se constituído oficialmente nas décadas de 1940 e 1950, estudos anteriores de diversas áreas já embasavam suas concepções. Na década de 1930, por exemplo, as principais contribuições no campo lógico-matemático para a Ciência Cognitiva foram apresentadas por Turing ao propor uma máquina que simulasse o pensamento humano (“A máquina de Turing”) (SARAIVA; ARGIMON, 2007).



Dica do professor: Alan Turing, considerado o pai da computação, teve sua biografia retratada no livro “Alan Turing: The enigma” (Andrew Hodges) e, posteriormente, no filme “O jogo da imitação”.

Ainda nesse período o engenheiro eletricitista Shannon, após constatar que os princípios da lógica (1 ou 0) poderiam ser usados para descrever estados (ligado ou desligado) em dispositivos eletromecânicos, também sugeriu que circuitos elétricos continham operações similares àquelas fundamentais do pensamento humano³. Por isso, anos mais tarde, ele também se tornou um dos ícones das Ciências Cognitivas (GARDNER, 2003).

Já alguns anos antes do Simpósio Hixon, analogias entre servomecanismos⁴ e processos através dos quais o sistema nervoso mantém atividade intencional foram também propostos por Wiener, Bigelow e Rosenblueth. Eles publicaram em 1943 um artigo intitulado *Behavior, purpose and teleology* (Comportamento, propósito e teologia) na qual sugeriram que os problemas da comunicação e da engenharia eram inseparáveis, concentrando-se não apenas nas técnicas de automação, mas na transmissão de mensagens também por sistemas nervosos (ROUSE; MORRIS, 1986; GARDNER, 2003)⁵. No início dos anos 1940 McCulloch e Pitts mostraram que as operações de uma célula

³ Shannon estabeleceu tais analogias em sua dissertação de mestrado no *Massachusetts Institute of Technology* (MIT).

⁴ Sistema de controle automatizado.

⁵ O matemático Wiener e o engenheiro Bigelow trabalhavam, no MIT, com projetos de dispositivos bélicos antiaéreos.

nervosa e suas conexões com outras células podiam ser modeladas em termos de lógica (rede neural artificial) (MCCULLOCH; PITTS, 1943). Em pouco tempo outros trabalhos no campo da neurologia, neuropsicologia e linguística, também contribuíram com o tema. Já existiam, portanto, as bases que a Ciência Cognitiva precisava para emergir como um novo campo de estudo **multidisciplinar** da mente. Grupos de pesquisa se consolidaram, onde atuavam engenheiros, matemáticos, médicos, psicólogos e outros diversos estudiosos com interesses na área.

Após receber contribuições de diversas áreas, a Ciência Cognitiva foi reconhecida oficialmente em 1956 durante o Simpósio sobre Teoria da Informação, realizado no MIT, onde trabalhos de fundamental importância foram publicados. Nesse evento, chamou especial atenção o artigo do físico Allen Newell e do cientista social Herbert Simon (Nobel de economia), denominado a “Máquina da teoria lógica”; assim como o artigo do linguista Noam Chomsky “Três modelos para descrição da linguagem”.



Dica do professor: caso deseje se aprofundar, faça a leitura dos trabalhos de destaque no MIT Symposium on Information Theory ([download](#)).

Nos anos que se seguiram, mediante apoio financeiro e interesse governamental, grandes projetos ganharam destaque com a criação, por Bruner e Millere, do Centro de Estudos Cognitivos em Harvard em 1960; e da Fundação Sloan em 1970, onde se desenvolviam pesquisas com os principais nomes da área. A partir de então, a Ciência Cognitiva se firmou como uma importante área de estudos e pesquisas científicas⁶.

Por esse breve histórico, notou-se que os avanços tecnológicos e a atuação conjunta de estudiosos de diversas áreas influenciaram decisivamente a maneira pela qual a ciência interpretava a mente humana. O papel da engenharia e da computação, por exemplo, no que tange aos progressos em telecomunicações e sistemas inteligentes, fez com que se começasse a considerar códigos ou sistemas de símbolos para representar as informações e analogias referentes ao processamento mental (GARDNER, 2003).

Uma vez vislumbrada a possibilidade de se explicar o comportamento de um sistema de computadores sem se pressupor a inteligência prévia de seus componentes, frentes cognitivistas adotaram essa forma de racionalismo para, analogamente, (tentar) justificar o comportamento da mente. Assim a Ciência Cognitiva consolidou-se como uma área multidisciplinar.

Entretanto, uma Ciência Cognitiva unificada é um sonho distante da realidade e divergências não são raras. Para alguns a inteligência artificial é a disciplina central da Ciência Cognitiva, deixando de lado estudos epistemológicos tradicionais. Já neurologistas apontam que o estudo do cérebro dispensa estas analogias imperfeitas do modelo

⁶ Aliado ao fato de desenvolverem pesquisas interdisciplinares, muitos dos pesquisadores citados neste texto possuíam mais de uma formação. Deu-se destaque àquela mais oportuna para o momento.

computacional, enquanto a antropologia defende heranças históricas e culturais. Filósofos, por sua vez, dividem-se entre entusiastas e céticos (SILVA, 2009). O fato é que “discordâncias a respeito do que é o campo, quem o entende e em que direção ele deve seguir são encontradas até hoje” (GARDNER, 2003).

Nesta disciplina seguiremos um dos poucos consensos neste campo, o de que as pessoas não captam o mundo externo diretamente, na verdade constroem representações mentais dele. Para isso, assumiremos o pressuposto de que a atividade cognitiva humana pode ser descrita em termos de símbolos, esquemas, imagens e outras formas de representação (GARDNER, 2003). Alguns defendem que só há uma forma de representação mental (proposições ou enunciados) que são do tipo digital; outros acreditam em pelo menos duas: representações proposicionais e analógicas (normalmente sob a forma de imagens); e há ainda os que creem na existência de múltiplas formas de representações e que é impossível determinar qual é aquela realmente utilizada pelo cérebro.

Ainda que controversas e imprecisas, as possibilidades de **representações** mentais mais aceitas na literatura são (MOREIRA, 1998):

- **Analógicas:** não-discretas (não-individuais), concretas (representam entidades específicas), possuem regras frouxas de combinação e específicas à informação original. São determinadas pelos sentidos como audição, olfato, tato e visão (sendo este o principal sentido desta representação);
- **Proposicionais:** discretas (individuais), abstratas e possuem regras rígidas e ideacionais à informação original. Embora sejam do tipo linguagem, não se relacionam (para todos os autores) com a língua que se fala nem com a modalidade de percepção⁷, mas sim com uma linguagem própria da mente, análogo a um código de computador.

Além disso, temos que lidar com discussões no que diz respeito ao modo pelo qual o cérebro processa tais informações. Consideraremos a ideia de que, em última instância, tais processos são realizados internamente pelo sistema nervoso central, mas nos resta sustentar por enquanto que a cognição pode ser analisada indiretamente, sem um conhecimento detalhado de tal sistema⁸.

Para isto faremos uso de uma teoria que se abstém da discussão acerca do processamento destas imagens e proposições: a Teoria dos Modelos Mentais. Para seus adeptos, ainda que em determinado nível o cérebro possa processar as informações de alguma maneira bem específica, de modo análogo às linguagens de programação de alto nível (cuja sintaxe se aproxima mais da nossa linguagem, porém, em tempo de compilação são traduzidas pelo computador em código binário), o estudo dos Modelos Mentais propicia representações facilitadoras da cognição humana – essa teoria não nega as especificidades que devem ocorrer no processamento mental, porém, as omite provisoriamente julgando como importante apenas o fato de se processar.

⁷ Embora, em suas obras, Johnson-Laird (1983) as definam como “verbalmente expressáveis”.

⁸ Na medida em que a ciência avançar sobre características ainda misteriosas do cérebro, espera-se esse distanciamento seja reduzido.

Esta estratégia faz com que alguns pesquisadores, em especial neurocientistas, mantenham receio em relação ao uso das representações, por outro lado, psicólogos, cientistas da computação, educadores e outros estudiosos (como nós) as constituem como a opção mais tangível (GARDNER, 2003).



Mídias digitais: para imaginar a complexidade da mente fazamos o seguinte exercício: se pedirmos para que cada pessoa de uma grande metrópole (por exemplo, com 8 milhões de habitantes) se amarre à outras 10 mil pessoas e se multiplicarmos essa rede por x1000, teríamos uma pequena noção do emaranhado de conexões formado pelas dezenas de bilhões de neurônios que possuímos.

Para ajudar nas reflexões estabelecidas até aqui e entender porque adotaremos estratégias relativamente “imprecisas” para o estudo da cognição, assista ao documentário no **Vídeo 1.2**.

1.2. O conceito de Modelos Mentais

Johnson-Laird aprimorou um conceito formulado inicialmente por Craik em 1943, denominado Modelo Mental, que representa um **estado de coisas** (JOHNSON-LAIRD, 1983; CRAIK, 1943). Esses modelos podem, portanto, representar as soluções mentais que as pessoas adotam para compreender e interagir com sistemas do mundo físico (BORGES, 1998). Embora sua origem remonte há várias décadas, trata-se de um conceito que se disseminou-se principalmente a partir da publicação de dois livros em 1983, um deles por Johnson-Laird segundo o qual⁹:

[...] representações proposicionais são cadeias de símbolos que correspondem à linguagem natural, modelos mentais são **análogos estruturais do mundo** e imagens são os modelos vistos de um determinado ponto de vista (JOHNSON-LAIRD, 1983) (grifo meu).

Um experimento realizado por Mani e Johnson-Laird elucida esta distinção entre modelos e representações proposicionais (JOHNSON-LAIRD, 1983; MOREIRA, 1998). Para um grupo de pessoas foram dadas informações detalhadas quanto à distribuição espacial de objetos, enquanto para outro grupo informações pouco precisas. Os primeiros foram capazes de inferir informações adicionais não incluídas nas descrições originais, mas

⁹ O primeiro livro editado por Gentner e Gentner (1983) é uma coleção de trabalhos publicados em um seminário sobre o assunto. O segundo, de Johnson-Laird (1983), é um trabalho em que o autor busca explicar o raciocínio dedutivo e a compreensão de textos via Modelos Mentais.

apresentaram dificuldades em lembrar literalmente das informações recebidas. Os últimos, por sua vez, não inferiram informações espaciais adicionais àquelas recebidas, porém, lembravam melhor das descrições transmitidas.

Os pesquisadores sugeriram que os primeiros haviam construído um Modelo Mental da informação, não sendo necessário que decorassem as descrições dadas para responder às questões ou para realizar inferências. Enquanto os últimos, não formularam um modelo em razão das inúmeras alternativas que as informações imprecisas possibilitavam.

Em ambos os grupos, os sujeitos representaram mentalmente a distribuição de objetos, entretanto, o primeiro formou um Modelo Mental e o segundo trabalhou com um conjunto de proposições descritivas.



Dica do professor: para ajudar nesta compreensão, façamos uso de mais um exemplo. O cérebro pode tratar a informação “o prato está na mesa” de três formas:

- Como uma imagem (um prato específico em determinada mesa);
- Como uma proposição (já que é verbalmente expressável);
- Ou como um modelo mental (ou seja, um prato qualquer em uma mesa qualquer) (MOREIRA; OLIVEIRA, 2003).

Para Johnson-Laird as proposições são interpretadas como sendo verdadeiras ou falsas em relação a um Modelo Mental e as imagens correspondem às “vistas” desse modelo. Portanto, uma representação analógica pode ser condição necessária e, às vezes, suficiente para sua caracterização e, mesmo existindo proposições, elas podem figurar apenas como representações mentais e não necessariamente como um Modelo Mental (MOREIRA; OLIVEIRA, 2003). Nesse sentido, entende-se que a analogia do Modelo Mental pode ser total ou parcial, ou seja, ele pode ser totalmente analógico ou parcialmente analógico e parcialmente proposicional (EISENCK; KEANE, 1994).



Atenção: especialmente para os pesquisadores das ciências exatas, há um limiar muito sutil que separa a porção proposicional de um Modelo Mental daquilo que é apenas “mecanicismo”. Durante a investigação desses modelos é preciso cuidado para interpretar a consciência dos alunos mediante as etapas procedimentais na resolução de problemas. Mas isso é assunto para a próxima semana!

Existe uma categorização que facilita a compreensão do que seja um Modelo Mental, embora novamente cabe dizer que não há uma definição consensual entre os diversos

autores que os definem. De todo modo, em termos gerais, um modelo deve permitir a alguém responder cinco perguntas que descrevem e explicam o sistema que ele representa (ROUSE; MORRIS, 1986):

- Como é o sistema (descreva o sistema)?
- De que o sistema é formado (descreva a estrutura do sistema)?
- Como ele funciona (explique o funcionamento)?
- O que ele está fazendo (preveja ou explique o estado do sistema)?
- Para que ele serve (descreva o propósito do sistema)?



Atividade 1.2: antes de iniciar a próxima semana é importante reforçar a compreensão teórica proposta até o momento. Para isso, faça a leitura parcial do texto “Modelos Mentais”, do Professor Marco Antônio Moreira ([download](#)). Sugere-se ler até a pág. 19 (encerrando o tópico “A tipologia dos Modelos Mentais de Johnson-Laird”). Na próxima semana de estudos, você será convidado a continuar essa leitura, a partir do tópico “A metodologia da pesquisa em Modelos Mentais”.



Atividade 1.3: na sala virtual, clique em Atividade 1.3 e realize a tarefa conforme orientações do seu professor formador.

Até a próxima semana!

Objetivos

Nesta semana conheceremos os níveis de evolução dos Modelos Mentais e algumas estratégias para a sua investigação.

2.1. A evolução dos Modelos Mentais

O Professor Antônio Tarciso Borges, da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), sugere uma escala de evolução dos Modelos Mentais perante um tema e escopo delimitados (BORGES, 1998). Ele a organiza por nível de complexidade e estabelece o mecanismo que define uma sequência de progressão no estado de conhecimento do sujeito: (i) a integração do conhecimento anterior ao novo; (ii) a construção de novas estruturas baseadas na relação entre os objetos e as suas transformações possíveis; (iii) e os aspectos intra, inter e trans constituintes dos conhecimentos nesse domínio. Desse modo, Borges sugere quatro níveis na evolução de um Modelo Mental:

- Nível I – esse nível é caracterizado pelo uso não diferenciado de eventos em um domínio observando-se, por exemplo, confusão na relação e interdependência entre grandezas. Os sujeitos não mencionam mecanismos internos na explicação dos fenômenos e as representações dos objetos são muito simplificadas;
- Nível II – os indivíduos nesse nível explicam as situações em termos de entidades e estruturas simples, não possuindo a ideia clara de interação entre objetos distintos;
- Nível III – os sujeitos nesse nível possuem razoável conhecimento dos processos internos e mecanismos que produzem os eventos observados, focam suas explicações nas interações dos elementos. Apresentam descrições, geralmente microscópicas envolvendo modelos mecanicistas, mas, como no nível anterior possuem tendência a se expressar em termos de sequências temporais de eventos;
- Nível IV – nesse nível os indivíduos podem manter múltiplas visões dos fenômenos as quais podem ser explicadas em termos mais abstratos. Referem-se à entidades e noções que não aparecem nos níveis anteriores, substituindo a interação entre objetos por interações entre conceitos.

Borges diz que ao se depararem com um fenômeno, processo ou sistema novo, as pessoas formulam modelos iniciais tomando algumas características relevantes daquilo que observam como ponto de partida (BORGES, 1998). A partir de então, são criados vínculos com conhecimentos prévios, memórias ou experiências. O nível de sofisticação de um novo modelo, portanto, dependerá da sofisticação dos modelos prévios. Portanto, enriquecer e revisar um modelo consiste na inclusão de novos elementos e na análise dos

fenômenos sob uma nova perspectiva. Assim, as estratégias de ensino, o vocabulário e as entidades utilizadas pelo professor devem ter como objetivo ajudar nessa construção, levando em consideração as dimensões através das quais os modelos evoluem.

É importante esclarecer que nem todos os autores consideram essa proposta de evolução, porém, é comum para aqueles que o fazem a interpretação de que podem existir distintos Modelos Mentais em um mesmo nível. Isso significa que, para uma mesma complexidade conceitual (nível), as pessoas podem estabelecer diferentes estratégias de raciocínio (ou diferentes modelos mentais) para solucionar problemas de mesma dificuldade.



Atividade 2.1: para reforçar esta compreensão, faça a leitura do texto “Como evoluem os modelos mentais”, de Antônio Tarciso Borges ([download](#)). Embora ele narre uma experiência aplicada ao ensino de física é possível associar o conceito da evolução dos níveis para diferentes áreas.

2.2. Investigação dos Modelos Mentais

Investigar a cognição humana não é uma tarefa trivial e os Modelos Mentais, como são internos à mente, não podem ser explorados diretamente. A pesquisa nessa área se torna difícil por algumas razões especiais:

- Não se pode simplesmente perguntar a uma pessoa qual o seu Modelo Mental sobre um determinado estado de coisas, pois, ela pode não ter plena consciência desse modelo ou pode dizer que acredita em algo e proceder de modo diferente;
- Quando interrogada sobre o porquê de determinada ação, a pessoa pode configurar um modelo que atende às expectativas de quem faz a pergunta e ela própria passa a acreditar nesse modelo, mesmo que tenha sido gerado para responder à questão;
- Em geral os modelos encontrados possuem estruturas confusas, mal feitas, incompletas e difusas (NORMAN, 1983).

A saída se torna uma investigação indireta via entrevistas e a descrição de fenômenos, símbolos ou pictogramas (HALLOUN, 1996). Moreira destaca que apesar das dificuldades, os protocolos verbais descrevendo o que a pessoa faz enquanto resolve um problema, ou imediatamente após tê-lo resolvido, ainda tem sido a técnica mais utilizada para investigar a cognição humana sob esse aspecto (MOREIRA, 1998). Tipicamente as verbalizações que geram tais protocolos são gravadas, transcritas e analisadas à luz de alguma teoria.

Para isto, sugere-se o uso da metodologia proposta por Vosniadou (VOSNIADOU, 1994). Para essa autora a elaboração das questões que conduzem uma entrevista deste gênero deve considerar seu potencial em prover informações sobre estruturas conceituais. Por exemplo, em sua pesquisa acerca das concepções do planeta Terra foram evitadas

perguntas como: “Qual é a forma da Terra” ou “A Terra se move?” Isso porque elas poderiam gerar respostas cientificamente corretas, porém, baseadas apenas na repetição de instruções já recebidas e não necessariamente na compreensão conceitual do assunto.

Por outro lado, perguntas **generativas** criam um confronto com o fenômeno, sobre o qual não se tem uma experiência direta ou não se tenha recebido alguma instrução explícita. Por exemplo, “Se você caminhasse muitos dias em uma linha reta, aonde chegaria?”, “Você já chegou até o fim ou a borda da Terra?” ou “A Terra tem fim?”.

Segundo Vosniadou como os alunos não recebem normalmente informações sobre o fim da Terra, ao se deparar com esta pergunta precisam buscar por informações relevantes na sua base de conhecimento e usá-las para construir (ou resgatar) um Modelo Mental, que é então usado para responder à questão (VOSNIADOU, 1994). Desse modo, tais questões têm um potencial maior do que aquelas fatuais para oferecer informações sobre modelos e estruturas teóricas existentes.

Sugere-se ainda uma análise qualitativa, que mede se o padrão de respostas de cada entrevistado, para todas as perguntas, configura o uso de um único (e genérico) Modelo Mental. Por exemplo, um indivíduo que tenha respondido que a Terra é redonda, mas que se caminhar continuamente por ela poderá cair, apresenta inconsistência no que diz respeito a um Modelo Mental da Terra como uma esfera. Nesse caso, a investigação pode revelar que o que se tem na verdade é um modelo como um disco.

Os pesquisadores Harrison e Treagust sugerem que pistas genéricas sejam fornecidas durante tais entrevistas (HARRISON; TREAGUST, 1996). Além disso, sugerem que os alunos apresentem desenhos, descrições ou interpretações de esquemas (extraídos de livros) – alguns autores não adotam o uso de pistas e figuras prontas com o intuito de não influenciar os entrevistados.

De todo modo, Moreira reforça que entrevistas semiestruturadas (àquelas que a partir de questões base conduzem a um diálogo entre entrevistado/entrevistador), juntamente com dados gerados por mapas conceituais (construídos pelos próprios alunos) têm se destacado nessas investigações. Para esse autor os mapas têm, inclusive, apresentado conteúdo equivalente a estratégias mais trabalhosas, como as decorrentes de entrevistas extensas (MOREIRA, 1998; ARRUDA, 2003). Um mapa conceitual se trata de uma técnica advinda da teoria da Aprendizagem Significativa¹⁰ que pode ser utilizada para visualizar a organização mental que o aluno atribui a um dado conhecimento (MOREIRA, 1998). Trata-se de uma estrutura esquemática que representa um conjunto de conceitos imersos em uma rede de proposições, como exemplificado na Figura 2.1.

¹⁰ Em poucas palavras, segundo a teoria de Ausubel, a aprendizagem é significativa quando uma nova informação adquire significado para o aluno através de uma espécie de conexão com aspectos cognitivos e conceitos pré-existentes (MOREIRA, 1998).

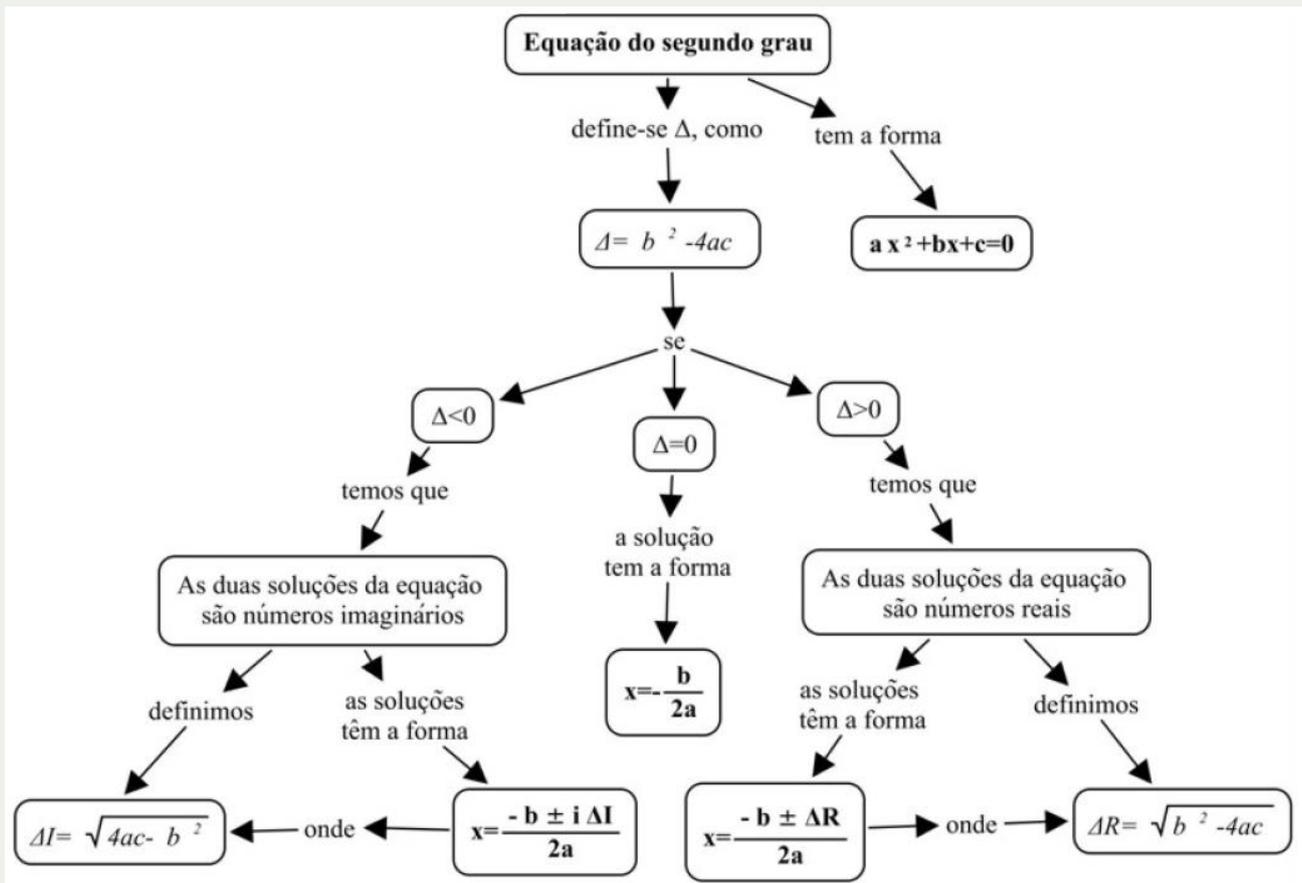


Figura 2.1 – Exemplo de mapa conceitual do tipo fluxograma para equação do segundo grau. Fonte: Tavares (2007).

Moreira, Soares e Paulo sugerem que quando utilizados como recurso de avaliação diagnóstica, a análise destes mapas deve contemplar a existência de conceitos principais, a clareza da hierarquia apresentada, o uso adequado de conexões e o cruzamento de informações (por exemplo, com aquelas observadas na entrevista) podendo, inclusive, serem atribuídos índices numéricos a cada critério para se obter um escore (MOREIRA; SOARES; PAULO, 2008).



Atividade 2.2: Continue a leitura do texto “Modelos Mentais”, do Professor Marco Antônio Moreira ([download](#)). Sugere-se ler a partir da pág. 19 (“A metodologia da pesquisa em Modelos Mentais”).



Atenção: Investigar os Modelos Mentais de um grupo de alunos contribui para o planejamento didático, pelo menos, por duas razões:

- Permite ao professor identificar as falhas de raciocínio mais comumente apresentadas perante determinado assunto e, assim, buscar estratégias que minimizem as dificuldades (a ser abordado no item 2.3);
- A identificação dos níveis dos Modelos Mentais permite ao professor conhecer a complexidade hierárquica de um tema a partir da perspectiva dos próprios alunos, o que possibilita planejar melhor a sequência didática utilizada na sala de aula ou realizar uma melhor distribuição de pontos em uma avaliação (a ser exemplificado na próxima semana de estudos).

2.3. Os Modelos Mentais e a Aprendizagem

Para Johnson-Laird, durante o raciocínio, o ser humano apropria-se da combinação de Modelos Mentais que, na forma de blocos de construção cognitiva, podem ser combinados e recombinaados. Nessa perspectiva, o desenvolvimento do raciocínio e da aprendizagem estão, portanto, não somente na construção dos modelos, mas na lógica utilizada para verificar e testar as conclusões a partir destas combinações (JOHNSON-LAIRD, 1983; MELEIRO; GIORDAN, 2003).

Portanto, algumas das dificuldades apresentadas na aprendizagem podem estar relacionadas com a falta de informações necessárias à construção coerente ou com as múltiplas possibilidades de Modelos Mentais gerados a partir de uma preleção.

Moreira apresenta um exemplo **básico** por meio dos seguintes enunciados: se o lápis está à esquerda da caneta, a borracha está abaixo da caneta e a régua está abaixo do lápis; pode-se construir um modelo que capte um arranjo destes objetos conforme Figura 2.2 (MOREIRA, 1998).



Figura 2.2 – Arranjo espacial de material escolar.
Fonte: Vieira Junior [17].

Deste modelo se pode concluir, de modo simples e não ambíguo, que a régua está à esquerda da borracha. Entretanto, a combinação inicial de muitos enunciados ou o uso de informações insuficientes podem propiciar mais de uma interpretação. Por exemplo, os termos: o lápis está à esquerda da caneta e a borracha está à esquerda da caneta, podem gerar diversos modelos como os apresentados na Figura 2.3.

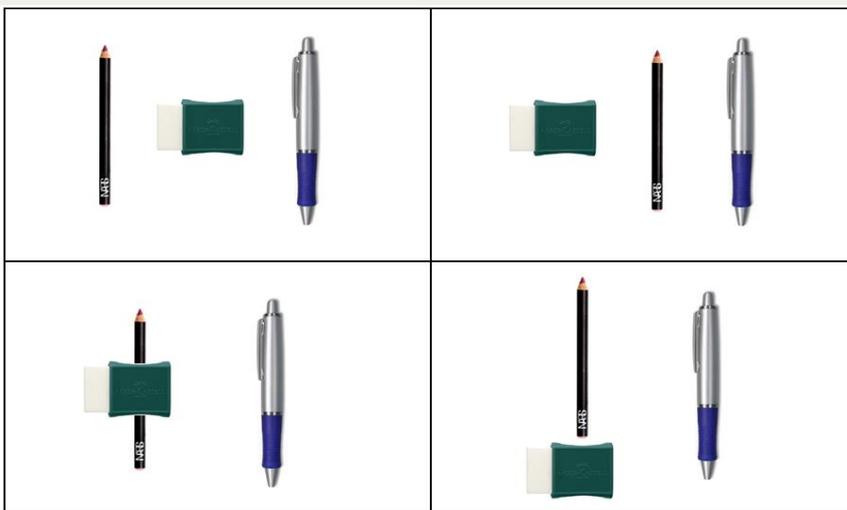


Figura 2.3 – Possibilidades de modelos
Fonte: Vieira Junior [17].

Argumentos que envolvem apenas um Modelo Mental podem ser resolvidos com rapidez e exatidão, por outro lado, a existência de múltiplos modelos (mesmo que necessários) exige maturidade e/ou concentração em cada um deles para que se realizem testes e se estabeleçam conclusões. Obviamente que quanto mais complicadas as proposições originais, mais difícil será a construção e a manutenção de modelos e isso **não** se restringe à organização espacial de objetos.

Se o processo de aprendizagem, portanto, exige a comparação e combinação de diversos Modelos Mentais, o professor pode utilizar de estratégias que facilitem estas ações. Ao conjunto de artifícios, preparado pelo professor (sequência didática), dá-se o nome de “modelo conceitual”. Nesse ponto faz-se uma distinção da definição usada por Norman entre Modelos Mentais (representações internas) e modelos conceituais (instrumentos externalizados pelo professor durante as aulas) (NORMAN, 1983). Um modelo conceitual é uma interface precisa e completa (ao escopo a que se dedica) do sistema a ser estudado, projetada pelo professor para ajudar a construção dos Modelos Mentais dos alunos – que nem sempre são precisos, consistentes e completos, mas devem ser funcionais¹¹.

Norman (1983) sugere três fatores funcionais que se aplicam tanto ao Modelo Mental quanto ao modelo conceitual a ser construído pelo professor¹²:

- **Sistema de crenças** – Modelos Mentais individuais refletem crenças sobre um sistema físico, adquiridas por observação, instrução ou inferência. Um modelo conceitual de um Modelo Mental deve considerá-las;
- **Observabilidade** – existem correspondências entre parâmetros e estados de um Modelo Mental com parâmetros e estados de um sistema a ser estudado. Essas mesmas correspondências devem existir também entre o sistema a ser analisado e o modelo conceitual;
- **Potência preditiva** – um Modelo Mental deve permitir que se entenda e antecipe o comportamento de sistemas, utilizando regras de inferências e derivações procedimentais. Um modelo conceitual deve considerar as estruturas de processamento de informações para que o aluno “processe” seu Modelo Mental para compreender e prever o sistema de interesse.

Portanto, a conexão direta entre um Modelo Mental e um modelo conceitual pode ser função da experiência prévia do aluno e de sua habilidade em adquirir tal conhecimento, associada ao suporte dado pelo professor para isso. Desse modo, como muitas investigações sobre Modelos Mentais apresentam indícios de ruptura de raciocínio (ou seja, onde costumeiramente os alunos falham ao estabelecer silogismos), pode o professor utilizar destas investigações para o seu planejamento didático.



Dica do professor: existem na literatura trabalhos já publicados apresentando Modelos Mentais para diversas áreas do conhecimento. Pesquise-os quando puder!

¹¹ Aqui emprega-se a definição de modelos conceituais segundo Norman (1983) – Johnson-Laird classifica modelo conceitual como um tipo de Modelo Mental que representa coisas mais abstratas.

¹² Muitas vezes, se não planejado, um modelo conceitual do professor pode refletir apenas o seu próprio Modelo Mental.

Quanto mais experiente em determinado assunto e quanto maior o domínio adquirido em relação ao tema estudado, mais sofisticados e próximos à realidade vão se tornando estes modelos. Sempre que o aluno revê e aprimora os modelos que usa para descrever ou explicar um fenômeno, isto significa que o aprendizado ocorreu sob uma nova perspectiva e informações adicionais foram incluídas no modelo antigo que ele possuía (VIEIRA JUNIOR; COLVARA, 2007b).

De toda forma, deve-se compreender que a busca pelo entendimento e o ato de pensar envolve a construção pessoal de significados e mesmo quando são apresentados modelos pré-elaborados, individualmente cada pessoa constrói um modelo daquilo que entende. Assim, se o resultado desta produção não for funcional, o processo de modelagem deve ser repetido com base em novas pesquisas, horas de estudo ou diferentes explicações do professor (em referência aos distintos estilos de aprendizagem) até que os resultados estejam de acordo ou o mais próximo possível de um nível de entendimento aceitável (VIEIRA JUNIOR, 2012).



Mídias digitais: para revisar os conceitos apresentados até aqui, vá até a sala virtual e assista ao **Vídeo 2.1** preparado pelo professor formador.



Atividade 2.3: na sala virtual, clique na Atividade 2.3 e realize a tarefa conforme orientações do seu professor formador.

Até a próxima semana!

Objetivos

Nesta semana iremos analisar dois estudos de caso: o primeiro ilustra divergências na definição dos níveis dos Modelos Mentais; e o segundo caso, além de propor uma nova categorização com níveis e subníveis, discute questões relacionadas à avaliação educacional.

3.1. Estudo de caso 1: os níveis dos Modelos Mentais

Como apontado na semana anterior, a identificação dos Modelos Mentais permite ao professor aprimorar a sua organização didática ao conhecer previamente pontos críticos na compreensão de determinado assunto e ao identificar a complexidade hierárquica de um tema sob perspectiva dos próprios alunos.

Nesse sentido, o primeiro estudo de caso ilustra uma experiência onde os próprios autores da pesquisa estabeleceram uma hipótese de evolução conceitual (níveis) que divergiu daquela verificada na prática. Vieira Junior e Colvara, em um curso de Geometria Analítica, criaram uma hipótese para a evolução dos Modelos Mentais durante o estudo de vetores no plano (2D) e no espaço (3D) (DUQUE; PAULA; SANTOS, 2015). Baseados em suas experiências prévias, esses autores sugeriram a seguinte sequência de aprendizagem e consequentemente de organização didática para a aula¹³:

- Nível 1 – Primeiramente os alunos se tornam aptos a identificar vetores em 2D e a realizar suas operações de adição e subtração;
- Nível 2 – Em seguida, conseguem identificar vetores em 3D e realizar suas operações de adição e subtração;
- Nível 3 – Na sequência já conseguem representar e visualizar múltiplos vetores no plano (2D); e
- Nível 4 – Por último conseguem representar e visualizar múltiplos de vetores no espaço (3D).

Para verificar tal suposição os autores construíram um questionário de 19 itens, o qual os alunos resolviam ao mesmo tempo em que participavam de uma entrevista semiestruturada com o objetivo de justificar os procedimentos de resolução. Para algumas questões foram fornecidos também material manipulativo, para que os participantes representassem os vetores no espaço (como caixas de papelão e flechas de madeira). Ao fim, cada participante construiu ainda um mapa conceitual sintetizando toda sua

¹³ Esta sequência atendeu a um escopo pré-definido de conteúdo e limitou-se a quatro estágios para que servisse de comparação à proposta de Borges quanto a evolução dos Modelos Mentais (BORGES, 1998).

compreensão sobre o assunto. De posse de todo esse material, após o cruzamento dos dados, os autores chegaram às conclusões sintetizadas a seguir.

3.1.1. Os Modelos Mentais de vetores

Dos vinte e cinco alunos investigados 8% não possuíam nenhum Modelo Mental, demonstrando apenas a capacidade mecanicista de resolução de problemas fazendo uso da manipulação numérica.



Atenção: do ponto de vista teórico, um Modelo Mental é sempre uma estrutura **conceitual**. Quando, nesta investigação, um aluno resolve problemas, mas não os justificam conceitualmente, ele é considerado como “mecanicista”.

Mais da metade do grupo (52%) demonstrou possuir estruturas conceituais que justificassem sua classificação como “modeladores de nível 1” – segundo aquela definição de Borges (1998). Ou seja, esses alunos possuíam apenas os mais elementares Modelos Mentais mesmo já tendo concluído, com aprovação, a respectiva disciplina.

Entretanto, outra análise despertou a atenção dos autores: a progressão de dificuldade sugerida no início da investigação não se confirmou após a análise dos dados. Embora o questionário utilizado englobasse todo o conteúdo (perante o escopo para o qual foi delimitado), os autores sugeriram, conforme suas convicções, a quais níveis de evolução as questões pertenciam – e isso influenciaria, inclusive, a sequência didática a ser utilizada em uma aula. Após identificar os possíveis Modelos Mentais da amostra e o modo pelo qual eles iam se sobrepondo, segundo a ideia de camadas cognitivas, observou-se o seguinte:

- Os indivíduos classificados no modelo mais básico, de nível 1, obtiveram bom desempenho nas questões inicialmente supostas como pertencentes aos níveis 1 e 2;
- Alguns indivíduos diagnosticados como modeladores de nível 1 e também alguns como modeladores de nível 2 obtiveram êxito nas questões inicialmente consideradas como de terceiro nível;
- Apenas os indivíduos identificados como modeladores de nível 4 apresentaram coincidência entre os modelos apresentados na experiência prática com o nível de complexidade suposto a priori pelos autores.

Assim, reconsiderando a hipótese inicial, conforme os dados obtidos e a evolução dos conceitos observada na experiência ter-se-ia uma diferente ordem de complexidade:

- Nível 1: Identificação e operação com vetores em duas e três dimensões;
- Nível 2: Representação e visualização de vetores isolados no plano e no espaço;
- Nível 3: Representação e visualização de múltiplos vetores no plano;
- Nível 4: Representação e visualização de múltiplos vetores no espaço.



Atenção: ao contrário do imaginado pelos autores, estes alunos não encontraram dificuldade em visualizar ou operar vetores em 3D, sem antes terem aprendido as mesmas operações em 2D. A dificuldade comum ocorria, na verdade, quando se usavam múltiplos vetores simultaneamente (fossem em 2D ou em 3D). Portanto, este tipo de informação, obtida na investigação dos Modelos Mentais, pode ser muito útil para o planejamento de uma aula!

Estas divergências podem, em alguma escala, impactar na sequência didática utilizada pelo professor e, às vezes, na distribuição de pesos durante uma atividade avaliativa, onde aquilo que o professor considera como “mais complexo” nem sempre reflete o mesmo sentimento nos alunos¹⁴.



Dica de professor: se desejar conhecer melhor os detalhes de uma investigação de Modelos Mentais e aprimorar o entendimento do primeiro estudo de caso, leia na íntegra a experiência de Vieira Jr. e Colvara ([download](#)).

3.2. Estudo de caso 2: os níveis e subníveis dos Modelos Mentais

Além de possibilitar um melhor planejamento didático, seja por conhecer possíveis rupturas comumente observadas no raciocínio dedutivo ou por permitir uma melhor definição de níveis de complexidade ao planejar uma aula, a investigação dos Modelos Mentais nos permite ainda uma análise mais detalhada da aprendizagem, fato nem sempre possível por meio das ferramentas avaliativas normalmente utilizadas (embora esta não seja um objetivo direto desta teoria).

O segundo estudo de caso discute essa possibilidade e apresenta ainda uma nova proposição teórica quanto aos níveis de evolução adotando, ao invés de quatro, dezesseis

¹⁴ Embora não se possa negar que os anos de docência contribuam para minimizar esse efeito, faz-se aqui uma análise teórica do fenômeno. De todo modo, os autores da proposta possuíam significativa experiência com o conteúdo.

escalas hierárquicas (chamadas de subníveis) ao se considerar a evolução longitudinal do conhecimento.

Duque e seus colaboradores (DUQUE; PAULA; SANTOS, 2015) propuseram analisar a evolução de um mesmo conteúdo ao longo de toda a vida escolar: do ensino fundamental ao superior. Para tanto, analisaram como o conceito de matemática financeira evolui ao longo quatro cursos de distintos níveis:

- Ensino fundamental, classificado como grande nível I;
- Ensino médio, classificado como grande nível II;
- Superior de tecnologia, classificado como grande nível III;
- Licenciatura, classificado como grande nível IV¹⁵.

Para cada um desses grandes níveis foram identificados quatro subníveis, daí a ideia de níveis e subníveis que remeteram às 16 etapas do conhecimento (não necessariamente progressivas ao se considerar os últimos dois grandes níveis). Ou seja, “Nível I” significa ensino fundamental, “Nível II” significa ensino médio e assim por diante. Complementarmente, “Nível I, subnível 1” significa a menor classificação possível dentre quatro, segundo Borges, perante o ensino fundamental. Uma classificação “Nível II, subnível 4” significa a maior classificação possível no escopo do ensino médio e assim por diante. Ou seja, os quatro níveis de Borges foram replicados dentro da perspectiva de cada faixa etária/escolar.

Neste estudo os autores analisaram 92 estudantes mediante entrevistas e mapas conceituais. Novamente, de posse de todo esse material após o cruzamento dos dados, os autores chegaram às conclusões que são sintetizadas a seguir.

3.2.1. Os Modelos Mentais de finanças

Dentro da amostra, quase 23% dos investigados mostraram-se não modeladores, estando os maiores índices no ensino fundamental e médio, respectivamente. Dado que a priori já é representativo e preocupante, pois, a não formulação adequada de conceitos nos primeiros anos de escolaridade pode remeter a um efeito “bola de neve” (DUQUE; PAULA; SANTOS, 2015). Contudo dá-se destaque a outra observação: os autores conferiram conceitos A, B, C, D e E aos alunos entrevistados, considerando apenas a quantidade de acertos que eles apresentaram no questionário que lhes foi entregue durante a entrevista

¹⁵ Os últimos dois grandes níveis representam igualmente cursos superiores, que foram diferenciados apenas pelos seus diferentes objetivos: domínio tecnológico para aplicação e domínio conceitual acrescido da habilidade necessária para a multiplicação do saber. É verdade que, do ponto de vista mercadológico, ao final do seu curso o tecnólogo possuirá habilidades distintas do licenciado (e então, poderia ser categorizado como o quarto nível), contudo, no escopo deste estudo de caso utilizaram-se apenas conceitos básicos de matemática financeira (até à medida que eram tratados similarmente pelos dois cursos, diferenciados apenas pelo acréscimo da habilidade para a docência).

(respeitando, obviamente, os diferentes níveis/categorias escolares¹⁶). Nesse caso foi desconsiderado o domínio conceitual e computado inclusive as respostas aleatórias corretas (tal qual se faria em uma avaliação “tradicional”).

Em seguida, confrontou-se a nota individual, representando apenas a quantidade de erros e acertos, com a qualidade conceitual externalizada pelo investigado do ponto de vista dos seus Modelos Mentais (nesse caso, para aqueles que conseguiram, permitiu-se a conceituação a níveis até superiores aos esperados para cada faixa etária/escolar). As quatro Figuras a seguir ilustram alguns casos significativos que foram observados na investigação.

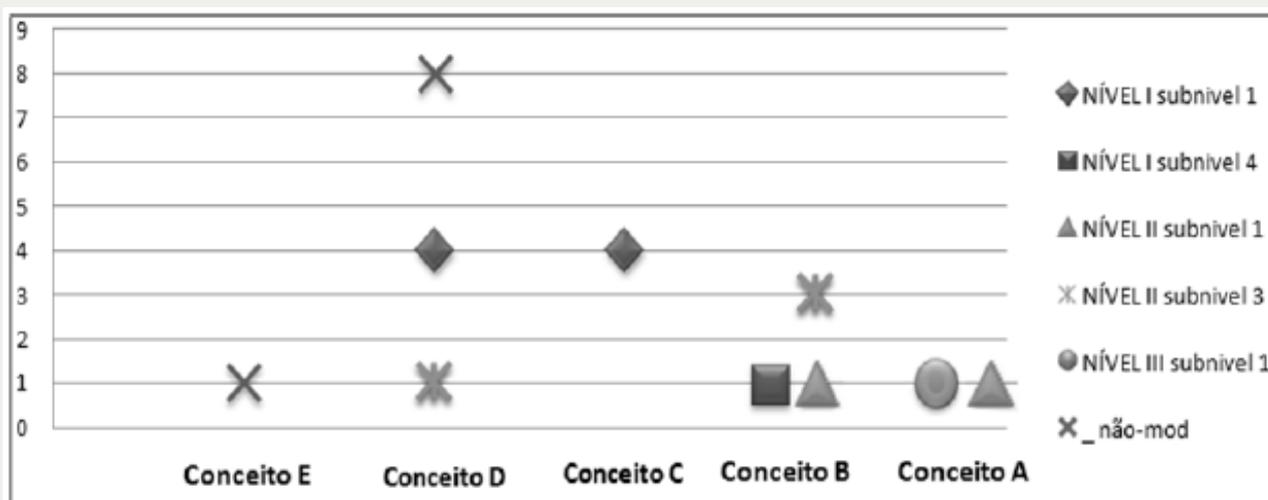


Figura 3.1 – Notas *versus* Modelos Mentais no ensino fundamental.
Fonte: Duque e colaboradores [23].

Os autores definiram como “aptos” conceitualmente aqueles que possuíam subníveis do tipo 3 ou 4 dentro de sua faixa etária/escolar ou superior. Dentre os modeladores originalmente esperados na amostra “ensino fundamental” (ou seja, Nível I) foram encontrados apenas alunos dos subníveis 1 e 4 (na Figura 3.1 eles são nomeados como “Nível 1, subnível 1” e “Nível I, subnível 4”. O fato de existirem, nessa amostra, alunos de “Nível II” (ensino médio) e “Nível III” (superior tecnológico) significa que alguns alunos brilhantes foram também encontrados já que, do ponto de vista conceitual, foram surpreendentes ao apresentarem conceituação que era esperada para agrupamentos escolares bem mais adiantados. Contudo, observou-se que com a pura distribuição de notas, perante os erros e acertos, nem sempre conseguiu-se observar esse fato (perceba que alunos de “Nível II, subnível 3” obtiveram notas D e B).

¹⁶ Para essa separação foram analisados planos de ensino, projetos pedagógicos e as diretrizes curriculares para os cursos objeto da investigação.

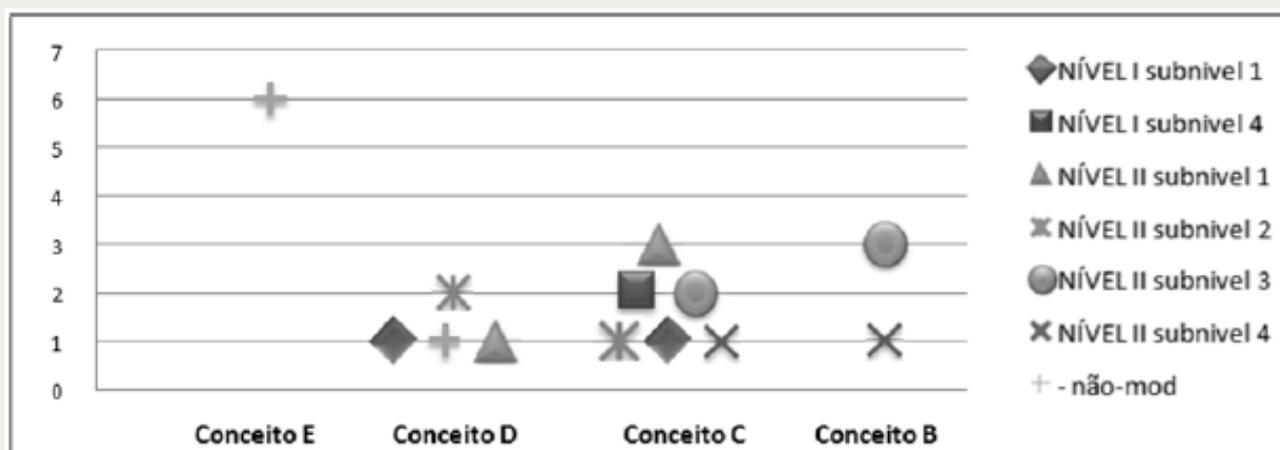


Figura 3.2 – Notas *versus* Modelos Mentais no ensino médio.
Fonte: Duque e colaboradores [23].

No ensino médio, por exemplo, observaram-se também evidências da inadequação do cômputo para erros e acertos. A maior nota obtida (B) foi conquistada por dois alunos, sendo que um deles, via a investigação dos Modelos Mentais, foi classificado como “Nível II, subnível 4”, ou seja, por possuir a máxima conceitualização esperada para seu estágio escolar esperava-se que a avaliação convencional pudesse identificar esse fato. Por outro lado, contrastando com esse caso, observou-se um aluno com nota C que, via Modelos Mentais, recebeu a menor de todas as classificações possíveis (“Nível I, subnível 1”). Ou seja, esse aluno não formulou significados suficientes nem para o que se esperava para o menos evoluído conceitualmente dos modelos de ensino fundamental.

É evidente que poderia se discutir também a possibilidade da investigação dos Modelos Mentais ser aquela dotada de falhas, contudo, nesse caso, mais do que identificar um modelo (que é realmente algo complexo) objetivou-se principalmente atestar de perto a qualidade da maturação conceitual dos alunos. As estratégias classificadas como “mediadoras”, como essas baseadas em entrevistas, estão justamente dentre aquelas defendidas nos instrumentos de avaliação recomendados pelos teóricos contemporâneos da educação. Ou seja, concluiu-se que eram maiores as chances de que a avaliação convencional estivesse equivocada (CARVALHO; VIEIRA JUNIOR, 2014)¹⁷.

Na conclusão de sua pesquisa Duque e seus colaboradores (2015) indicaram as divergências, comparativamente, entre as duas estratégias de avaliação do conhecimento.

Grupo	Avaliação tradicional	Evolução conceitual dos modelos mentais
	“Aprovações”	“Aprovações”
Ensino Fundamental	44%	32%
Ensino Médio	56%	28%

¹⁷ O estudo da “avaliação educacional” nos remete a outro campo do conhecimento igualmente importante e não se faz nesta apostila a indicação de que a investigação dos Modelos Mentais seja usada para esse fim (principalmente por conta das dificuldades operacionais frente a grandes turmas de alunos). Por outro lado, trata-se de uma medida indireta possibilitada pelo estudo de caso em exposição.

Gestão Financeira	60%	56%
Matemática	65%	12%

Quadro 3.1 – Índice de aprovação segundo a avaliação convencional (erros e acertos) e a evolução conceitual dos modelos mentais.

Fonte: Duque e colaboradores [23].

O caso mais discrepante foi visto para a mostra de estudantes de matemática, onde 65% seriam considerados “aptos” pelo procedimento convencional, enquanto apenas 12% apresentaram Modelos Mentais conceitualmente satisfatórios para justificar que alguma aprendizagem ou alteração cognitiva houvesse de fato ocorrido.

Diversas outras inconsistências, com base na avaliação vista pelos erros e acertos, foram verificadas para todas as amostras.



Mídias digitais: para conhecer alguns conceitos utilizados nesta investigação, vá até a sala virtual e assista ao **Vídeo 3.1** preparado pela Professora Thaís Duque, autora deste segundo estudo de caso.



Dica do professor: se desejar conhecer melhor os detalhes da investigação realizada por Duque e seus colaboradores, leia o seu trabalho na íntegra ([download](#)).



Atividade pontuada: na sala virtual, clique na Atividade 3.1 e realize a tarefa conforme orientações do professor formador.

Até a próxima semana!

Objetivos

Nesta semana conheceremos uma proposta teórica acerca do desenvolvimento cognitivo que, mais do que trazer respostas científicas, busca provocar reflexões sobre a atuação docente.

4.1. Desenvolvimento Cognitivo segundo Kurt Fischer

A aprendizagem, na perspectiva dos teóricos dos Modelos Mentais, ocorre quando uma informação é processada e tal processamento enriquece os esquemas (ou modelos) previamente existentes. Ou seja, trata-se de uma (re)construção ou sobreposição de saberes. Essa abordagem pressupõe o princípio da continuidade: um novo conhecimento deve estar relacionado ao que já se conhece. Pode-se (tentar) explicar o processo desse enriquecimento estrutural segundo a ótica de diversos autores, dentre eles Kurt Fischer que adota a Teoria das Habilidades Dinâmicas¹⁸.

Segundo Fischer a maioria das pessoas experimenta “variações” no desenvolvimento quando aprende algo novo, por exemplo, com suporte de um professor. Em condições ideais, acredita-se que com esse apoio “entende-se” um novo conceito em um nível relativamente alto. Porém, sem o suporte, esse nível cai consideravelmente, por exemplo, quando o aluno sai da sala e tenta explicar o recém-entendido conceito para alguém que desconhece o assunto. Esses diferentes níveis são chamados de “funcional” e “ótimo”.

De posse desta definição, Fischer propôs a existência de diferentes níveis de desenvolvimento, evidenciados a partir de saltos e quedas de desempenho. Para ilustrar essa ideia, cita-se um dos experimentos por ele realizados: foram fornecidos a alunos de 9 a 20 anos problemas de aritmética em que eles deveriam explicar conceitualmente as operações e as relações existentes entre elas (adição, subtração, multiplicação e divisão). No primeiro momento, sem nenhum tipo de suporte, os sujeitos da pesquisa responderam as questões ao seu modo. Em seguida, foram-lhes apresentados exemplos de respostas esperadas para que eles reconstruíssem sua explicação. Por fim, solicitou-se que eles pensassem sobre aquelas respostas e refizessem o teste em 15 dias. Fischer observou diferentes variações e em diferentes idades (FISCHER, 2008).

¹⁸ A teoria de Fischer, um teórico neopiagetiano professor da escola de educação de Harvard, apresenta certo contraste com a hipótese do desenvolvimento de Modelos Mentais e esta provocação é intencional, objetivando, mais uma vez, demonstrar a complexidade da atuação docente.

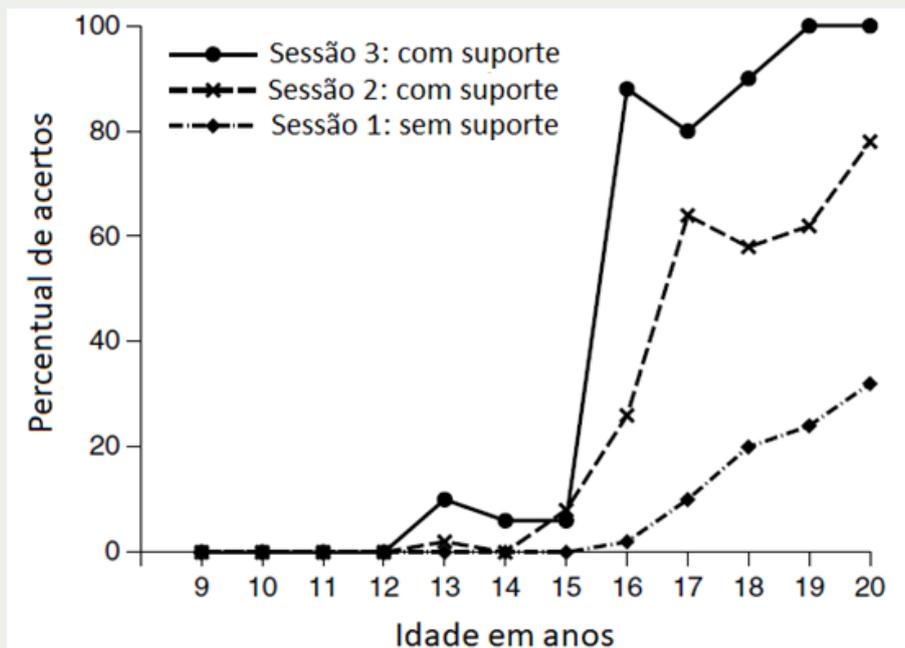


Figura 4.1 – Saltos no mapeamento de operações aritméticas.
Fonte: Fischer [24].

Neste experimento observou-se que na sessão 1, sem suporte, nenhum acerto foi observado até próximo dos 16 anos e aos 20 anos essa margem era próxima a 32%. Na sessão 2, com suporte, observou-se um salto de desempenho entre 15 e 17 anos. E, na sessão 3, também com suporte, porém, permitindo a maturação da informação, um salto ainda maior aos 16 anos (próximo aos 88%). Este estudo, que foi o primeiro da Teoria da Habilidade Dinâmica de Fischer, observou que as habilidades surgem em um nível, mas são consolidadas em outro (às vezes, anos mais tarde), quando vários componentes podem ser coordenados e interligados. Seriam vários Modelos Mentais aprimorados e (re)combinados?

Aprimorando esta ideia, Fischer propõe que o desenvolvimento passa por três ciclos onde, em cada um deles, o aprendiz controla uma única unidade de “comportamento” (uma única ação, representação ou abstração). Em seguida, ele relaciona pelo menos duas dessas unidades para construir um “mapeamento” (de ações, representações ou abstrações). Posteriormente, ele coordena pelo menos dois mapeamentos para formar um “sistema”. E, finalmente, naquele que seria um **quarto** nível de evolução, o indivíduo integra pelo menos dois sistemas para formar um “sistema de sistemas” (ou “princípios”, na sua concepção mais ampla).

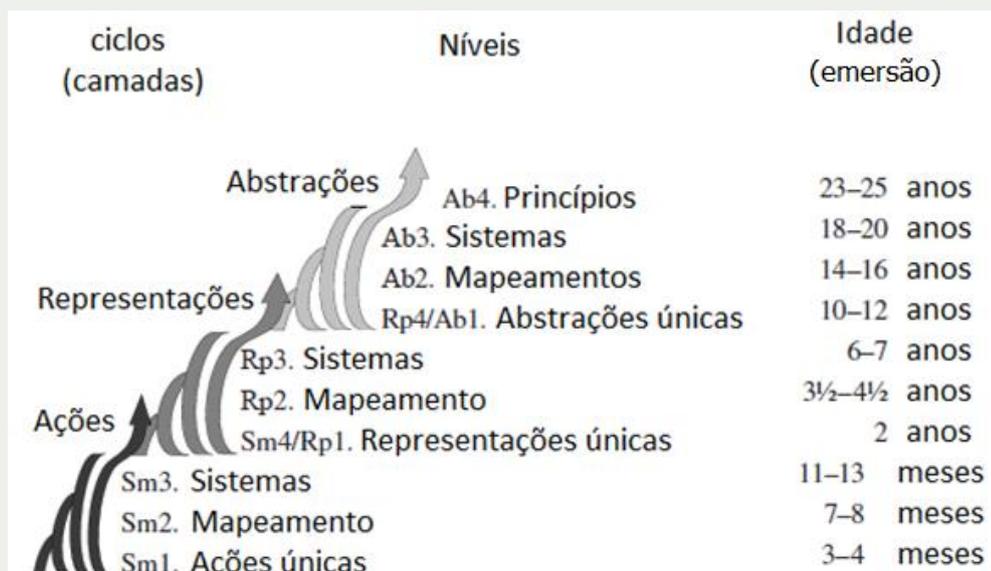


Figura 4.2 – Ciclos de desenvolvimento de níveis e habilidades.
Fonte: Duque e colaboradores [23].

Dica do professor: a idade de emersão das habilidades apontadas por Fischer (Fig. 4.2) representa o que ele classifica como desenvolvimento “ótimo” (altamente relacionados à educação formal e ao suporte escolar adequado). Segundo ele, porém, o desenvolvimento “funcional” destas mesmas habilidades seguiria a seguinte estimativa:



- Representações únicas: 2 a 5 anos;
- Mapeamento (de representações): 4 a 8 anos;
- Sistemas (de representações): 7 a 12 anos;
- Abstrações únicas: 12 a 20 anos;
- Mapeamentos de abstrações: 17 a 30 anos;
- Sistemas (de abstrações): 23 a 40 anos (ou nunca, para muitas áreas);
- Princípios: 30 a 45 anos (ou nunca, para muitas áreas).

A Figura 4.3 ilustra o desenvolvimento das habilidades, a partir de uma analogia com organizações espaciais, a partir do segundo ciclo (o das representações).

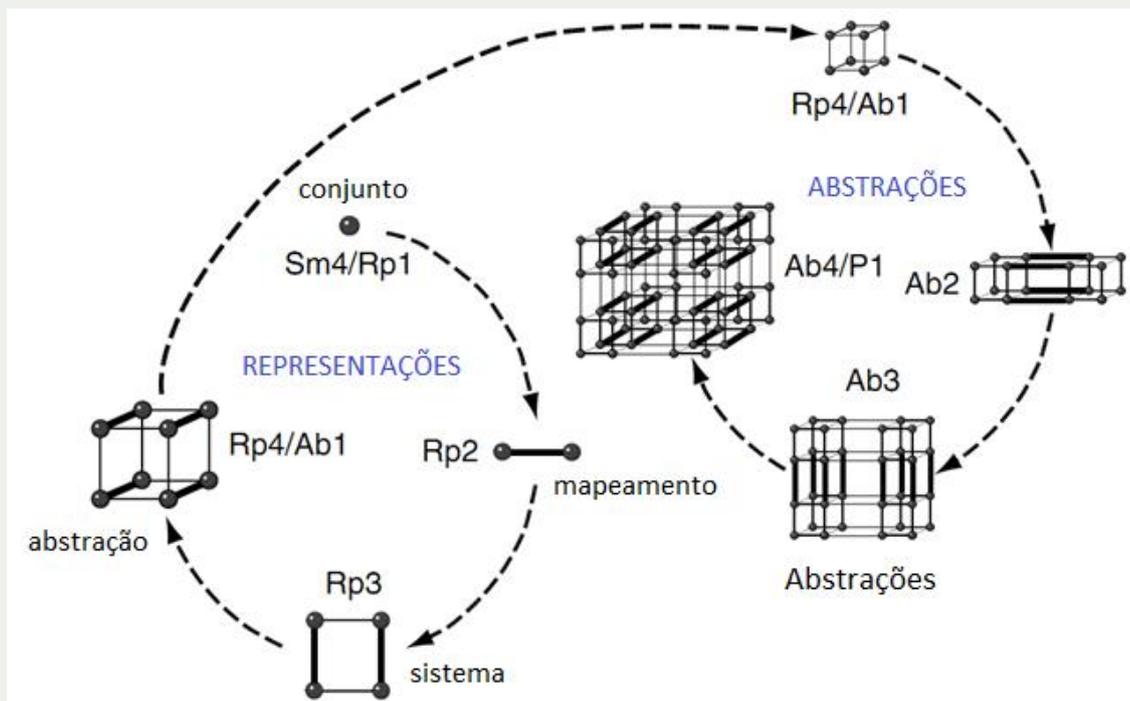


Figura 4.3 – Ciclos de desenvolvimento para as camadas de representações e abstrações (estimadas após dois anos de idade).
Fonte: Fischer [24].

Ao associar as ideias dos saltos no desenvolvimento (vistas no experimento com operações aritméticas ilustrados na Figura 4.1) com os níveis de habilidades (Fig. 4.2), Fischer propõe a ideia do desenvolvimento cognitivo cíclico como um fenômeno baseado em surtos – saltos seguidos de pequenas quedas – em forma de “U” (também citado como “efeito Piaget”).



Dica do professor: o nome “efeito Piaget” faz referência ao desenvolvimento mediante as etapas de assimilação e acomodação vistas na teoria da epistemologia genética de Piaget.

Para tentar justificar esse fenômeno Fischer estabelece diversas possibilidades (FISCHER, 2008):

- Uma tentativa de equilíbrio do organismo, que é perturbado quando um domínio cresce mais que outro (e, como reação orgânica, seu desenvolvimento é “puxado” para um nível comum);
- A hipótese de que, ao aprender algo ou desenvolver uma nova habilidade, as pessoas acessam níveis de habilidades inferiores (às vezes básicas) para então construir e reconstruir habilidades mais complexas;

- Pelas discontinuidades observadas em estudos anatômicos, que mostram que a espessura cortical, a atividade elétrica cerebral e a densidade sináptica – conexão entre neurônios – ao longo dos anos também evoluem, biologicamente, por surtos (saltos seguidos de pequenas quedas);
- Etc.

Nesse sentido, portanto, Fischer apresenta sua proposta de desenvolvimento descontínuo.

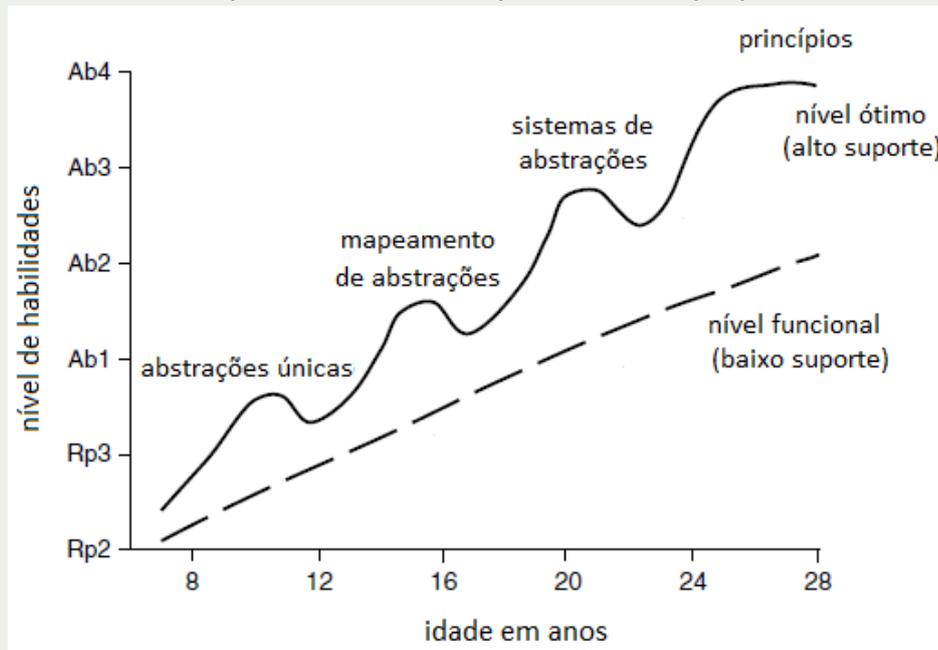


Figura 4.4 – Surtos críticos de desenvolvimento cognitivo.
Fonte: Fischer [24].



Dica do professor: caso você tenha se interessado pela teoria de Fischer e deseje entender melhor as evidências que culminaram na sua explicação para o desenvolvimento cognitivo leia os textos:
- ciclos do desenvolvimento cognitivo ([download](#));
- o desenvolvimento dinâmico ([download](#)).

4.2. E os Modelos Mentais?

A essa altura você leitor deve se perguntar: em que a proposta de desenvolvimento cognitivo de Fischer se relaciona com a teoria dos Modelos Mentais? E com a atuação docente?

Como em tudo que envolve o comportamento ou os fenômenos da aprendizagem, a resposta não é trivial. Mas ainda assim, possibilita muitas reflexões.

A teoria dos Modelos Mentais busca entender, com base no raciocínio dedutivo, como as ancoragens de novas e antigas informações (re)constróem um modelo gerando o conhecimento. Até então, assim como nos abstemos de entender os mecanismos internos

de processamento de informações, havíamos nos omitido da discussão sobre o fenômeno do enriquecimento estrutural de um modelo, restringindo-nos a dizer que (na ótica de alguns autores) ele se dá por níveis e por sobreposição.

A visão progressiva, adotada até então, poderia remeter a uma suposição linear de aprendizagem. O que, na perspectiva de Fischer (e de variados autores), **não** é verdade.

Isso pode significar que, tal qual não se adapta constantemente estilos de aprendizagem ou não se contextualiza totalmente uma aula em detrimento da necessária formalização científica, o planejamento didático baseado em modelos conceituais (para a construção de Modelos Mentais) não deve considerar uma aprendizagem sempre linear.

A decisão sobre quais níveis devem ser planejados mais intensamente ou em que momento deve-se interromper o fluxo de novas informações para possibilitar o amadurecimento das concepções já existentes nos alunos (coincidindo com as “quedas” de desenvolvimento cognitivo) é função, mais uma vez, da sensibilidade, da experiência e da capacitação do docente.

Enquanto as Ciências Cognitivas ou, talvez, as Neurociências não desvendarem por completo os mecanismos cerebrais, o que cabe ao professor é conhecer estas possibilidades teóricas e o maior número possível de explicações que envolvam os fenômenos da aprendizagem. Quanto mais um professor conhece a complexidade e as imprecisões do processo de ensino e aprendizagem, maior se torna seu arcabouço de ferramentas, fato que lhe permite a variação metodológica sempre que perceber que o seu suporte “ótimo” não esteja produzindo os resultados esperados.



Dica do professor: baseado na sua vivência reflita sobre a suposição da não linearidade da aprendizagem? Isso explicaria, por exemplo, um aluno reprovado em Matemática 1 ser aprovado em Matemática 2?



Mídias digitais: para finalizar esta disciplina e contribuir com suas reflexões, vá até a sala virtual e assista ao **Vídeo 4.1** (entrevista da neurocientista da UFMG Leonor Bezerra Guerra). Este vídeo reúne conceitos desta e de outras disciplinas do curso.



Atividade pontuada: na sala virtual, clique na Atividade 4.1 e realize a tarefa conforme orientações do seu professor formador.

Até a próxima disciplina!

REFERÊNCIAS

ARRUDA, D. M. Ministério da ciência e tecnologia. Instituto nacional de tecnologia (INT). **Modelos mentais**: nota técnica. Rio de Janeiro: INT, 2003. 26 p.

BORGES, A. T. Modelos mentais de eletromagnetismo. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 15, n. 1, p. 7-31, 1998.

CARVALHO, K. P.; VIEIRA JUNIOR, N. **Avaliação mediadora contínua, testes adaptativos informatizados e avaliações tradicionais**: uma análise no ensino de matemática. In: MCTI; UNESCO; CNPq. (Org.). **Educação para a ciência**. Brasília: MCTI, 2014.

CRAIK, K. J. W. **The nature of explanation**. Cambridge: University Press, 1943.

DUQUE, Thaís Oliveira; PAULA, Fernanda Souza de; SANTOS, Hoyama Maria; VIEIRA JUNIOR, Niltom. Falhas nas avaliações tradicionais em diversos níveis de escolaridade: um estudo envolvendo tópicos de matemática financeira através de níveis e subníveis de modelos mentais. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 15, n. 2, 2015.

EISENCK, M. W.; KEANE, M. T. **Psicologia cognitiva**: um manual introdutório. Porto Alegre: Artes Médicas, 1994.

FISCHER, K. W. Dynamic cycles of cognitive and brain development: measuring growth in mind, brain, and education. In: BATTRO, A. M.; FISCHER, K. W.; LÉNA, P. (Org.). **The educated brain**. Cambridge: Cambridge University Press, 2008.

FISCHER, K. W.; BIDELELL, T. R. Dynamic development of action, thought, and emotion. In: DAMON, W.; LEMER, R. M. (Org.). **Theoretical models of human development**. Handbook of child psychology. New York: Wiley, 2006.

GARDNER, H. **A nova ciência da mente**. São Paulo: Editora da USP, 2003.

HALLOUN, I. Schematic modeling for meaningful learning of physics. **Journal of Research in Science Teaching**, New York, v. 33, n. 9, p. 1019-1041, 1996.

HARRISON, A. G.; TREAGUST, D. F. Secondary students' mental models of atoms and molecules: implications for teaching chemistry. **Science Education**, Salem, v. 80, n. 5, p. 509- 534, 1996.

JOHNSON-LAIRD, P. **Mental models**. Cambridge: Harvard University Press, 1983.

LEFRANÇOIS, Guy R. **Teorias da Aprendizagem**. Tradução: Vera Magyar. 5ª edição. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

MCCULLOCH, W.; PITTS, W. A logical calculus of the ideas imanente in nervous activity. **Bulletin of mathematical biophysics**, New York, v. 5, n. 4, 1943.

MELEIRO, A.; GIORDAN, M. Hipermissão no ensino de modelos atômicos. **Laboratório de Pesquisa em Ensino de Química e Telemática Educacional**, São Paulo, v. 1, n. 9, 2003.

- MOREIRA, M. A. Mapas conceituais e aprendizagem significativa. **Cadernos de Aplicação**, Porto Alegre, v. 11, n. 2, p. 143-156, 1998.
- MOREIRA, M. A.; OLIVEIRA, Adriano P. Dificuldade dos alunos na aprendizagem da lei de Ampère, à luz da teoria dos modelos mentais de Johnson-Laird. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 25, n. 3, setembro, 2003
- MOREIRA, M. A.; SOARES, Sabrina; PAULO, Iramaia Cabral de. Mapas conceituais como instrumento de avaliação em um curso introdutório de mecânica quântica. **Revista Brasileira de Educação Científica e Tecnológica**, Curitiba, v. 1, n. 3, 2008.
- NORMAN, D. A. Some observations on mental models. In: GENTNER, D.; STEVENS, A. L. (Ed.). **Mental models**. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, 1983.
- ROUSE, W. B.; MORRIS, N. M. On looking into the black box: prospects and limits in the search for mental models. **Psychological Bulletin**, Washington, v. 100, n. 3, p. 349-363, 1986.
- SARAIVA, C. A. E.; ARGIMON, I. L. Ciência da computação e ciência cognitiva: um paralelo de semelhanças. **Ciências & Cognição**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 3, p. 150-155, dez. 2007.
- SILVA, A. R. Ciência cognitiva: computadores, cérebros e mente. [S.l.: s.n., 200-]. Curso online. Disponível em: <<http://www.geocities.com/discursus/html/cognitiv.html>>. Acesso em: 14 ago. 2009.
- TAVARES, R. Construindo mapas conceituais. **Ciências & Cognição**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 1, p. 72-85, 2007.
- VIEIRA JUNIOR, N. **Planejamento de um ambiente virtual de aprendizagem baseado em interfaces dinâmicas e uma aplicação ao estudo de potência elétrica**. 2012. 233f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2012.
- VIEIRA JUNIOR, N.; COLVARA, L. D. Engenharia para as novas gerações: visualizações gráficas para o ensino de estabilidade de sistemas de energia elétrica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 35., 2007, Curitiba. **Anais...** Passo Fundo: Associação Brasileira de Ensino de Engenharia, 2007b
- VOSNIADOU, S. Capturing and modeling the process of conceptual change. **Learning and Instruction**, Washington, v.10, n. 4, p. 45-69, 1994.



CURRÍCULO DO AUTOR



Niltom Vieira Junior: Realizou Pós-doutorado em Informática na Educação pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (Campus São Gabriel). Possui doutorado e mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Campus Ilha Solteira), bacharelado em Engenharia Elétrica pelo Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos, licenciatura em Matemática e Física pela Faculdade Capixaba da Serra e habilitação para o Magistério pelo Centro Específico de Formação e Aperfeiçoamento do Magistério (Unidade Barretos). Desde 2008 é professor efetivo do Instituto Federal de Minas Gerais, já tendo atuado como docente no Campus Formiga

(nos cursos de Licenciatura em Matemática, Engenharia Elétrica e Ciência da Computação), no Campus Arcos (nos cursos de Engenharia Mecânica e Pós-Graduação em Docência) e no Campus Ouro Branco (no curso de Mestrado em Educação Profissional e Tecnológica). No IFMG Arcos já ocupou os cargos de Diretor de Ensino, Coordenador do curso de Engenharia Mecânica, Chefe do Departamento de Ciências Aplicadas e Coordenador da Pós-graduação em Docência. Ocupou também, na reitoria do IFMG, o cargo de Diretor de Extensão. Desenvolve pesquisas, principalmente, nas áreas de educação em engenharia, ensino de ciências e matemática, tecnologias educacionais, educação à distância e desenvolvimento cognitivo.

E-mail: niltom.vieira@ifmg.edu.br

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3283103593476831>

Feito por (professor-autor)	Data	Revisado por	Data	Versão
Niltom Vieira Junior	01/04//2018	Jefferson Silva	18/04/2018	2

Curso de Pós-Graduação em Docência - IFMG Arcos

Hoje vejo a Pós-graduação em Docência tão bem conduzida por todos nós, atendendo tantos professores da rede pública. Isso me gratifica, satisfaz muito minhas ambições profissionais e me faz acreditar: a educação tem jeito sim! Se ela se constituir de empreendedores, sonhadores e gestores que trabalham com responsabilidade social e com a visão de que a formação continuada docente é essencial para se chegar à almejada qualidade de todo o sistema educacional.

Eu sou pedagoga com 30 anos de profissão em exercício nas redes privada, pública estadual e municipal. E a partir de 2013, ingressante na rede federal. Comecei trabalhando em *campi* distantes da minha cidade natal. Foi quando em 2016, com a feliz abertura de um *campus* do Instituto Federal de Minas Gerais em Arcos – MG, consegui a remoção para esta unidade, onde estou lotada desde então.

Em 2017, um *campus* ainda novo, nas agruras de um trabalho inicial de estruturação, fui convidada pelo Prof. Niltom Vieira, então Diretor de Ensino do *campus*, para a empreitada de criação de um curso de Pós-graduação Lato Sensu na área da educação que fosse oferecido totalmente na modalidade de Educação à Distância (EaD). Por meio da experiência consolidada como tutora na EaD, avalei que seria quase impossível a implementação do curso frente à estrutura e as tantas situações difíceis que vivíamos no momento. Mas, como gosto de desafios e confiava na competência do Prof. Niltom, aceitei o convite.

Desde então foram muitos desafios e conquistas. No princípio, com poucos recursos financeiros, estruturais e humanos, mas sempre com uma vontade incrível de acertar e oferecer uma formação de qualidade aos professores da rede pública, um dos objetivos da criação da rede federal. No caminhar a estrutura foi se formando: o investimento financeiro foi chegando, a equipe de profissionais fazendo o melhor de si e o sonho se realizando.

Em 2018, o curso de Pós-graduação em Docência teve início com 100 alunos matriculados, em 2019 saltou para 360 e em 2020 a expectativa é de muitas outras vagas para a formação em docência nas ênfases Educação Básica e Educação Inclusiva. Nos cursos de Formação Inicial e Continuada (FIC) em Tecnologias na Educação e Estratégias de Ensino e aprendizagem ofertados em 2019 foram atendidos quase 4.000 alunos.

Mediante tudo o que vivi, juntamente com a equipe base: Niltom Vieira, Jefferson Silva, Cláudio Pereira, Angélica Gomes e Carlos Bernardes; e o que vivo hoje com os outros que foram agregando saberes como os tutores, orientadores, técnicos, alunos bolsistas e com o apoio dos gestores do *campus*, quando leio os depoimentos dos alunos enfatizando a mudança nas práticas pedagógicas, na compreensão do processo de ensino e aprendizagem e na proposta das metodologias ativas em prol de uma educação inclusiva, posso dizer que chego ao ápice da minha carreira com a realização desse projeto, cheia de gratidão, orgulho e de esperança que a educação ainda será melhor nesse país se cada um se empenhar e fizer acontecer.

Profa. Cláudia Rossi

Coordenadora da Pós-Graduação em Docência