

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA

RUBENS BARBOSA FILHO

**UMA ABORDAGEM PARA ENSINO BASEADA NA TEORIA
DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA UTILIZANDO A
TEORIA DAS CATEGORIAS**

UBERLÂNDIA - MG

JULHO - 2013

RUBENS BARBOSA FILHO

**UMA ABORDAGEM PARA ENSINO BASEADA NA TEORIA
DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA UTILIZANDO A
TEORIA DAS CATEGORIAS**

Tese de Doutorado apresentada como
requisito parcial à obtenção do grau de
Doutor em Ciências, pelo programa de Pós-
Graduação em Engenharia Elétrica da
Universidade Federal de Uberlândia.

Orientador: Dr. Luciano Vieira Lima

UBERLÂNDIA - MG

JULHO - 2013

Dedico este trabalho aos meus pais Rubens Barbosa e Aurea Alves Barbosa que, durante todos os anos de minha vida sempre me forneceram suporte emocional, inspiração e motivação contínua para trilhar este caminho.

AGRADECIMENTOS

Meus sinceros agradecimentos ao meu orientador Prof. Dr. Luciano Vieira Lima pela confiança, orientação e principalmente pela amizade.

A Sandra Fernandes pelo companheirismo nos momentos difíceis.

A Ana Caroline Fernandes pelos momentos de descontração.

Ao Vinícius Fávaro pela imensa ajuda nos estudos de funtores.

À Sandra Fernandes de Oliveira Lima pela força e motivação.

Ao professor Antônio Eduardo Costa pelos ricos ensinamentos durante esses anos de convivência.

À Tatiana O. Lima, Thales O. Lima, Daniel O. Lima E Nayara da Silva Costa pelos bate papos entre uma orientação e outra.

Aos membros da banca, Fabiano Dorça, Reny Cury Filho e João Bosco da Mota, que muito gentilmente aceitaram participar desse desafio.

Aos colegas de laboratório, Carlos Alberto, Júnia Magalhães, Mauro Jacob, Will Roger, Rodrigo Grassi, Matheus Garcia, Breno Barini e Everton Dias pela convivência saudável e descontraída que muito aliviaram a ausência de casa.

À secretaria da pós, Cinara Mattos, que muito prontamente sempre me atendeu nos momentos de precisão.

Ao Simonini pelos momentos de descontração durante os lanches que tomávamos todas as tardes.

À FUNDECT – Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul pelo suporte financeiro da bolsa de doutorado.

Ao Divino Ferreira “Divinex” gente boa demais da conta (como dizem os mineiros). Valeu mesmo pela ajuda com as impressões das cópias. Brigadão amigo.

E a todos os demais que de uma forma ou de outra contribuíram para a realização desta etapa tão importante na minha vida. Meus sinceros agradecimentos.

“Amarás a Deus e a teu próximo, assim como amas a ti mesmo.”
(JESUS CRISTO)

RESUMO

Este trabalho apresenta uma abordagem para ensino baseada na Teoria de Aprendizagem Significativa de David P. Ausubel utilizando Teoria das Categorias. Este estudo é iniciado a partir da utilização da Teoria de Categorias, mais especificamente Funtores como solução à efetivação do processo de transmissão do conhecimento. Este trabalho faz uso de uma metáfora aderente à comunicação eficiente entre instrutor/aprendiz, professor/aluno. A eficácia a que se propõe este trabalho é demonstrada por meio de prova matemática algébrica da utilização de funtores como uma solução ao processo formal de transmissão de conhecimento entre professor e aluno. A transmissão de conhecimento é dinâmica, assim, para que os novos conhecimentos sejam transmitidos com sucesso, elaborou-se e implementou-se uma estratégia singular para dotar o aluno/aprendiz, sempre que se fizer necessário, dos objetos e morfismos fundamentais para o estabelecimento de novos funtores que venham garantir a comunicação eficaz entre as categorias professor/instrutor e aluno/aprendiz. Este trabalho apresenta, também, uma metodologia, que agregada aos funtores e à teoria citada, garante a memorização e sedimentação do aprendizado, mesmo para pessoas não dotadas de tal habilidade e competência.

Palavras-chave: Ensino. Epistemologia. Teoria da Aprendizagem Significativa. Educação. Funtores. Metodologias. Teoria das Categorias. David Paul Ausubel.

ABSTRACT

This work presents an approach to teaching based on Theory of Signification Learning by David P. Ausubel using a Category Theory. This study begins on utilization of Category Theory, more specifically on Functors. This work uses a metaphor adhering to effective communication between instructor and learner, teacher and student. The effectiveness of the proposed is demonstrated through the algebraic mathematical proof of Functors unchallenged as a solution to the objectives of education in general. The knowledge transmission is dynamic, so that, a successfully transmitted foreground was designed and implemented as unique strategy to provide the learner/student, whenever deemed necessary, the objects and morphisms central to the establishment of new functors that will ensure the effective communication between the categories teacher/instructor and student/learner. The work presents a methodology which applied with functors and the methodology mentioned guarantees memorization and sedimentation of learning, even for people who not endowed with such skill and expertise.

Keywords: Teaching. Epistemological. Theory of Signification Learning. Education. Functor. Methodologies. Category Theory. David Paul Ausubel.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Estrutura geral da Abordagem de Ensino por Teoria das Categorias | 15 |
| Figura 2 - Esquema para o conceito de aprendizagem significativa na teoria de David P. Ausubel. Nos círculos com a letra C têm-se conceitos pré-existentes na estrutura cognitiva enquanto S1 e S2 representam conceitos novos | 23 |
| Figura 3 - Esquema para o conceito de aprendizagem mecânica na teoria de David P. Ausubel. Nos círculos com a letra C têm-se conceitos pré-existentes na estrutura cognitiva | 24 |
| Figura 4 - Visão esquemática da Teoria de Assimilação de Ausubel | 25 |
| Figura 5 - Visão esquemática para o processo de aprendizagem subordinada na teoria de David P. Ausubel | 29 |
| Figura 6 - Visão esquemática para a aprendizagem superordenada na teoria de David Ausubel | 30 |
| Figura 7 - Visão esquemática para a aprendizagem combinatória dentro da teoria de David Ausubel | 30 |
| Figura 8 - Visão de um mapa conceitual | 32 |
| Figura 9 - Mapa conceitual tipo estrela | 33 |
| Figura 10 - Modelo de abstração matemática | 35 |
| Figura 11 - Mapa Conceitual da estrutura geral de Teoria das Categorias utilizadas neste trabalho | 35 |
| Figura 12 - Exemplo de diagrama | 37 |
| Figura 13 - Exemplo de diagrama usando morfismos | 37 |
| Figura 14 - Representação da operação identidade por meio de diagramas | 38 |
| Figura 15 - Representação da lei associativa por meio de diagramas | 38 |
| Figura 16 - Representação da lei identidade por meio de diagramas | 38 |
| Figura 17 - Alguns exemplos de categorias | 39 |
| Figura 18 - Representação da categoria amor | 39 |
| Figura 19 - Passagem entre categorias usando um funtor covariante F | 41 |
| Figura 20 - Passagem entre categorias usando um funtor contravariante F | 42 |
| Figura 21 - Arquitetura de um sistema tutor inteligente | 46 |
| Figura 22 - Diagrama de Categorias, Funtores, Objetos e Morfismos | 54 |
| Figura 23 - Mapeamento dos objetos e morfismos por meio de funtores | 55 |
| Figura 24 - Diagrama de uma composição de Funtores | 60 |
| Figura 25 - Diagrama de uma subcategoria em destaque | 61 |
| Figura 26 - Transitividade Composta de Funtores | 62 |
| Figura 27 - Situação 1 de transitividade de funtores | 64 |
| Figura 28 - Mapa conceitual do Diagrama Estruturado de Conhecimento | 65 |
| Figura 29 - Raio do conhecimento e área da ignorância inicial | 66 |
| Figura 30 - Raio do Conhecimento = Triângulo Retângulo | 67 |
| Figura 31 - Novo conhecimento implica em nova área de ignorância | 68 |
| Figura 32 - Mapeamento entre professor e aluno ao se ensinar triângulos retângulos | 69 |
| Figura 33 - Raio do Conhecimento = Triângulo Retângulo | 69 |
| Figura 34 - Formatação textual do Raio do Conhecimento e Área da Ignorância | 70 |

| | |
|--|-----|
| Figura 35 - Mapa Conceitual da Formatação Textual presente no Diagrama Estruturado de Conhecimento..... | 71 |
| Figura 36 - Sequência de aprendizado utilizando Diagramas Estruturados de Conhecimento | 72 |
| Figura 37 - Mapa conceitual do caminho percorrido pelo conhecimento desde sua elaboração até a fase final, onde o conhecimento torna-se atual para o aluno | 73 |
| Figura 38 - Diagrama de Raio do Conhecimento e Área da Ignorância com o acréscimo de conhecimento novo..... | 74 |
| Figura 39 - Formatação textual referente à figura 38 | 74 |
| Figura 40 - Mapa Conceitual do Método de Memorização Permanente de Aprendizado 2 ⁿ | 76 |
| Figura 41 - Aplicação do método 2 ⁿ em conjunto com funtores e raio do conhecimento e área da ignorância (gráfico fora de escala)..... | 79 |
| Figura 42 - Diagrama de Categorias, Funtores, Objetos e Morfismos | 96 |
| Figura 43 - Mapeamento dos objetos e morfismos por meio de funtores relacionados à família | 96 |
| Figura 44 - Raio do conhecimento e Área da ignorância | 98 |
| Figura 45 - Nova lembrança implica em nova área de ignorância | 99 |
| Figura 46 - Raio do Conhecimento = Lembrança da família | 99 |
| Figura 47 - Formatação textual do Raio do Conhecimento e da Área da Ignorância..... | 100 |
| Figura 48 - Mapeamento mostrando a relação familiar do idoso com os demais membros da família | 101 |
| Figura 49 - Raio do Conhecimento e Área da Ignorância – Relações Familiares | 101 |
| Figura 50 - Formatação textual do Raio do Conhecimento e da Área da Ignorância – Relação Familiar | 102 |
| Figura 51 - Aplicação da ferramenta 2n em conjunto com funtores e raio do conhecimento e área da ignorância (fora de escala) | 104 |

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 12 |
| 1.1 Originalidade da Proposta | 15 |
| 1.2 Caracterização do Problema | 16 |
| 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 19 |
| 2.1 Teoria da Aprendizagem Significativa de David Paul Ausubel | 22 |
| 2.1.1 Aspectos Fundamentais da Teoria: Aprendizagem Significativa <i>versus</i> Aprendizagem Mecânica | 22 |
| 2.1.2 Tipos de Aprendizagem Significativa na Teoria de Ausubel | 24 |
| 2.1.3 Mapas Conceituais | 31 |
| 2.2 Teoria das Categorias | 34 |
| 2.2.1 Definição de Categoria | 36 |
| 2.2.2 Diagramas | 37 |
| 2.2.3 Funtores | 40 |
| 2.3 Arquitetura dos Sistemas Tutores Inteligentes | 42 |
| 2.3.1 Modelo do Aluno | 43 |
| 2.3.2 Modelo do Domínio | 43 |
| 2.3.3 Modelo Pedagógico | 44 |
| 2.3.4 Modelo de Interface | 45 |
| 3 GERANDO APRENDIZADO POR MEIO DE FUNTORES | 47 |
| 3.1 O Binômio Ensino-Aprendizagem | 51 |
| 3.1.1 O Problema Inicial e Fundamental ao se Ensinar | 51 |
| 3.1.2 Satisfação: A Motivação Positiva | 51 |
| 3.1.3 Conhecimento Versus Ignorância | 51 |
| 3.1.4 Efetivação do Binômio Ensino-Aprendizagem: Funtores | 52 |
| 3.2 Demonstrações Matemáticas da Composição de Funtores | 57 |
| 3.2.1 Categorias Individuais: Professor/Instrutor e Aluno/Aprendiz | 57 |
| 3.2.2 Demonstração da Composição de Funtores em uma Sequência Direta | 58 |
| 3.2.3 Problema 1: Composição de Funtores em uma Sequência Direta | 60 |
| 3.2.4 Problema 2: Demonstração de Transitividade Composta de Funtores | 62 |
| 4 DIAGRAMA ESTRUTURADO DE CONHECIMENTO | 65 |
| 4.1 Método de Memorização Permanente do Aprendizado: 2^n | 75 |
| 4.2 Metodologia de Ensino utilizando Diagrama Estruturado de Conhecimento | 80 |

| | |
|---|----|
| 5 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS | 82 |
| REFERÊNCIAS | 86 |
| APÊNDICE A – Experimento do Diagrama Estruturado de Conhecimento e do Método de Reforço de Memorização 2 ⁿ | 91 |

1 INTRODUÇÃO

As diversas vertentes que o construtivismo apresenta culminam em considerar que a aprendizagem de um aluno ocorre durante um processo onde as novas informações, necessariamente, são associadas a um conhecimento prévio que este aluno já possui. Desta forma, a vida pessoal de cada aluno passa a ser uma construção pessoal do seu conhecimento de uma maneira específica e contextual.

Quando se constrói um conceito sobre um objeto do dia a dia, como por exemplo, uma bola, este objeto apresenta características comuns, facilmente identificadas (reconhecidas) por todos nós, como por exemplo, sua forma e a sua função. Porém, existe algo específico na maneira como cada um de nós vê uma bola, que reflete o contexto individual e pessoal que cada um obteve ao construir/interagir (com) esse conceito bola. Em cada indivíduo, durante um período da vida, de certa forma foi lhe apresentado uma bola e esse conceito foi construído de maneira absolutamente individual.

Esta forma peculiar de cada um reagir sobre determinados objetos ou mesmo conceitos foi sendo construída desde ao nascer, e durante o viver das primeiras experiências que foram sendo oferecidas de acordo com o estilo de vida de cada um. Em Alves (2012) este conceito de visão do mundo pode ser melhor extrapolado.

A estrutura sensorial dota o ser humano de capacidade de observação do mundo (imediato ou não) em que vive. A mente consciente realiza reflexões sobre o mundo observado levando à **construção de uma visão de mundo** de seu proprietário. Tal visão de mundo é sempre atualizada, pois a estrutura sensorial não para de captar sinais e a mente também de fazer reflexões sobre os novos dados, ratificando ou retificando a visão de mundo anterior, atualizando-a. (ALVES, 2012)

Para Ausubel (1968), a aprendizagem é muito mais significativa à medida que um novo conhecimento é incorporado às estruturas de conhecimento de um aprendiz e, adquire significado para ele a partir da relação com seu conhecimento prévio.

No sentido inverso, uma aprendizagem pode se tornar mecânica ou repetitiva, uma vez que se produz menos essa incorporação e atribuição de significado, e o novo conceito passa a ser armazenado isoladamente ou por meio de associações arbitrárias na estrutura cognitiva.

Fazendo uso deste universo de conceitos que Ausubel propõe, este trabalho tem como objetivo apresentar novos componentes, os quais se acreditam enriquecerão ainda mais a teoria de aprendizagem significativa.

Entre os componentes de destaque está a proposição, esquematização e formatação de um diagrama de conhecimento. Tal diagrama propõe a formalização e estruturação de conteúdos com o objetivo de se identificar o contexto atual em que se encontra determinado aprendiz sobre um assunto em especial.

Alves (2012) mostra muito bem o quanto este conceito de individualização está presente no processo de aprendizagem do aluno. Em Alves (2012, p. 121) nos é apresentado como cada aluno aprende de forma particular, individual e única, e que a partir do conhecimento básico, o mesmo pode ir enriquecendo, porém respeitando o seu jeito e sua história de vida.

Essa “transmissão” de conhecimento que ocorre entre o professor e o aprendiz utiliza como meio formal os conceitos de funtores presentes na Teoria das Categorias. Utilizam-se os conceitos de objetos, morfismos, funtores e categorias como atores principais desta teoria.

O ponto de destaque da utilização de funtores está em se estabelecer um funtor de transmissão, isto é, um mapeamento das intenções do professor para o aprendiz, o que só ocorre quando a subcategoria do domínio do conhecimento do aprendiz “casa” com a subcategoria mínima necessária e prevista pelo professor.

A formatação do diagrama de conhecimento apresenta uma região central constituída por pré-conhecimentos. Pré-conhecimentos são conhecimentos formalizados em outros diagramas, os quais já devem estar consolidados no aprendiz quando iniciar o novo estudo. O conjunto destes pré-conhecimentos forma a categoria do domínio no qual o conhecimento atual está centrado. É fundamental que uma categoria mínima deve ser estabelecida ao aprendiz, sem faltar qualquer objeto ou morfismo na mesma, para que novos conhecimentos sejam assimilados plenamente por ele.

Assim, os conhecimentos não são aleatoriamente destinados ao aprendiz, e nem permitem que o mesmo assim o faça, ou seja, para cada novo conhecimento existe uma árvore hierárquica, não binária, de pré-conhecimentos que deve ser seguida para a efetivação da assimilação do novo conhecimento.

O diagrama também possui um modelo relacional textual, com o qual, se conclui o organograma dos diagramas estruturados de conhecimento. Neste modelo, é novamente formalizada a informação que lhe foi fornecida na parte visual do diagrama (raio do conhecimento e área da ignorância) forçando um trabalho conjunto dos dois hemisférios

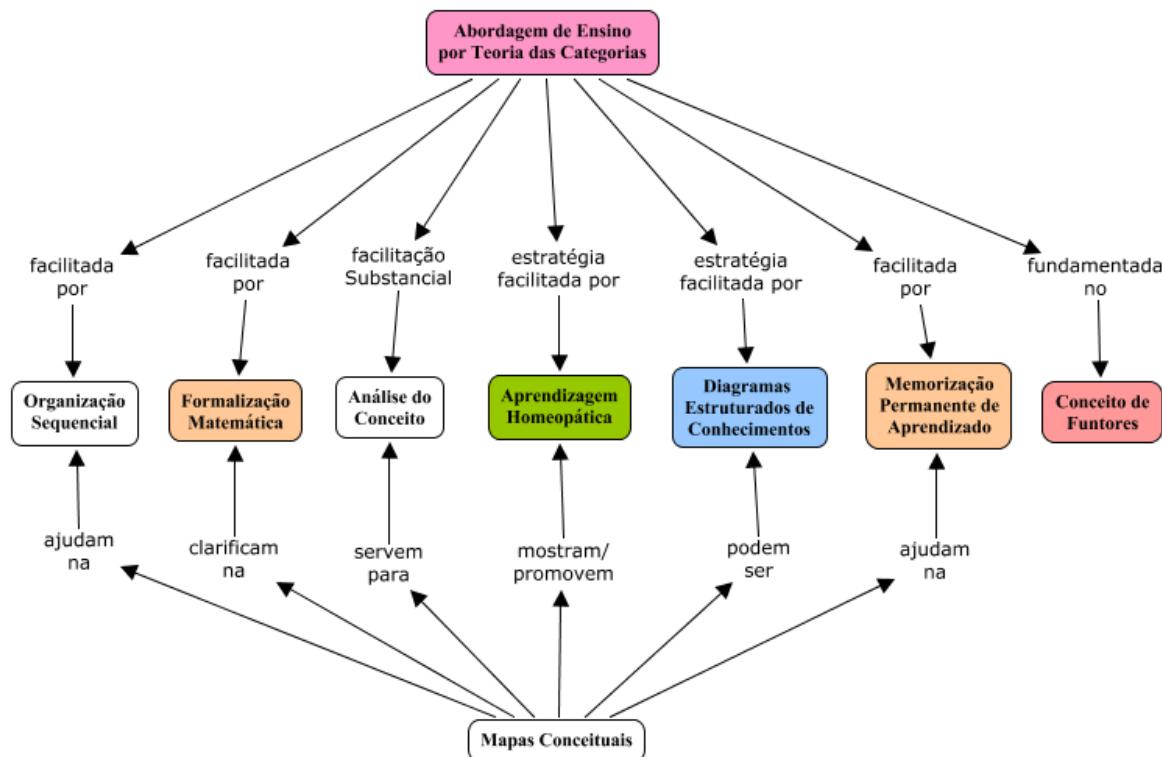
cerebrais, de forma que, quando um conhecimento for buscado pelo aprendiz, o mesmo tenha mais sucesso no resgate da informação usando a intuição, a criatividade, os raciocínios matemáticos e lógicos em conjunto.

Outro ponto importante que os diagramas estruturados de conhecimento trazem ao estado da arte é a possibilidade de se formalizar computacionalmente (proposta de trabalhos futuros) um processo que identifique o quanto está consolidada a subcategoria do aprendiz, pois, é comum um aprendiz interromper o aprendizado, ou não dedicar-se o suficiente ao estudo do mesmo, e como consequência, acabar esquecendo parte dos conhecimentos ministrados a ele.

Desta forma, o aprendiz pode, por exemplo, interromper a sequência de reforço 2^n , método que será visto no capítulo 4, e consequentemente começar a se esquecer de parte do conhecimento já estudado. Neste caso, como os pré-conhecimentos são todos conhecidos e especificados para cada novo conhecimento, um sistema especialista (proposta de trabalhos futuros) pode avaliar, periodicamente, se o aprendiz ainda possui o domínio dos mesmos.

A Figura 1 apresenta uma visão geral de toda a estrutura conceitual que engloba este trabalho. Assim sendo, a abordagem de ensino baseada em teoria das categorias possui alguns princípios facilitadores, como por exemplo, a organização seqüencial, a formalização matemática e a memorização permanente do aprendizado. São tidos como estratégias facilitadoras a “aprendizagem homeopática” e o diagrama estruturado de conhecimento e, a análise conceitual é organizada como sendo uma facilitação substancial.

Figura 1 - Estrutura geral da Abordagem de Ensino por Teoria das Categorias



Fonte: Elaborado pelo autor

Assim sendo, os pontos que se relacionam entre a teoria de Aprendizagem Significativa de David Paul Ausubel e a proposta neste trabalho é o enfoque na motivação do aluno, o uso de mapas conceituais para transmitir o conhecimento ao aluno, a relação entre pré-conhecimento e o conceito de subsunsor e o conceito de assimilação com o relacionamento entre conhecimento novo e conhecimento prévio.

1.1 Originalidade da Proposta

Está dividida em pontos centrais, sendo eles, primeiramente, o estudo de uma nova abordagem da aplicação da teoria de aprendizagem significativa de David P. Ausubel em um contexto baseado na Teoria das Categorias. O ponto fundamental desta originalidade encaixa-se na demonstração matemática da teoria de funtores, onde é formalizada a possibilidade de se contextualizar os atores de um ambiente de ensino com a teoria de funtores.

Propõe-se também a formalização da criação de Diagramas Estruturados de Conhecimento onde, os mesmos não são construídos como “cards americanos” onde se tem um conhecimento e dados sobre o mesmo. Apesar de tais *cards* estarem focados em um

único conhecimento, que leva o título do *card*, os mesmos não tem compromisso algum com o estado atual da categoria do aprendiz para checar se o mesmo está ou não apto a adquirir o conhecimento em questão.

E por fim, e não menos importante, está presente na originalidade do trabalho o desenvolvimento de uma metodologia voltada para o reforço e a fixação de conhecimentos já trabalhados. Tal metodologia utiliza uma sequência temporal de reforço baseada em um polinômio de base 2 e expoente n , onde n significa os dias de intervalos entre recordações de um mesmo assunto.

Objetivo Geral: Desenvolver e estruturar uma abordagem de ensino baseada na aprendizagem significativa utilizando a teoria das categorias.

Objetivos Específicos:

- 1) Modelar, formalizar e demonstrar matematicamente a utilização de funtores para o processo de transmissão do conhecimento;
- 2) Desenvolver, estruturar e modelar o Diagrama de Conhecimento;
- 3) Desenvolver uma Metodologia de Reforço de Aprendizagem.

1.2 Caracterização do Problema

Atualmente, o papel mais importante da educação é transformar a realidade dos estudantes com o objetivo de permitir que consigam acompanhar o processo de mudança que marca o mundo atual.

Pode-se pensar na educação do ser humano como uma atividade complexa onde é necessário lidar com pessoas das mais diversas formações e origens, sendo necessário um profundo conhecimento do mesmo (ser humano).

Desta forma, o problema a ser enfrentado é que o ensino pode ser visto, atualmente, como um processo interativo, não neutro e aplicado no formato “de mão única”, isto é, do professor para o aluno. As escolas tradicionais trabalham com o sistema que privilegia a quantidade de informação, misturando os conteúdos significativos com os de pouco significado para aquele momento.

Este problema é relevante porque aborda um processo dinâmico e interativo, que é a função de ensinar. Como aprender é o resultado de um processo que se inicia com o planejamento estratégico e metodológico, é preciso entender a partir deste ponto, como se

deve proceder para que este planejamento se concretize em conteúdos significativos e duradouros.

Identificar o processo pelo qual uma informação é adicionada na estrutura cognitiva do aluno passa a ser tão primordial quanto tentar identificar meios de se tornar permanente essa mesma informação, com o intuito de se reduzir ao máximo a quantidade de esquecimento no aprendizado.

Estes pontos destacados pertencem a uma ampla discussão envolvendo a possibilidade de se encontrar soluções para os problemas relacionados à dificuldade de aprendizagem dos estudantes. Esta dificuldade compromete significativamente não só o processo educativo, como pode apresentar-se em grande destaque em relação com outros problemas a serem enfrentados pelos estudantes no decorrer da vida. E este conjunto relacional de problemas acaba por prejudicar todo o processo que envolve a ação de ensinar e aprender.

E como este novo processo deve considerar a complexidade que envolve a relação entre ensino e aprendizagem, partindo da necessidade de se reinventar o ato de ensinar, este trabalho apresenta-se como uma contribuição às necessidades de se encontrar novos meios de direcionar o progresso de aprendizagem do aluno e ratificar um método que permita ao aluno manter de forma duradoura o conhecimento já assimilado.

Este trabalho está organizado tendo o capítulo 2 apresentando uma revisão bibliográfica da literatura atualizada e de importância para a composição deste trabalho. São mostrados os pontos principais da teoria de Aprendizagem Significativa de Ausubel e os pontos da teoria das categorias.

O capítulo 3 trata sobre a geração de aprendizado por funtores. Neste capítulo tem-se especial destaque a demonstração matemática sobre a composição de funtores. São apresentadas as conexões entre funtores e aprendizado, a questão da motivação e a relação entre conhecimento e ignorância.

O capítulo 4 apresenta a metodologia de ensino denominada Diagramas Estruturados de Conhecimento. Nesse capítulo é feita uma explanação completa desde como se criar um diagrama até o seu desenvolvimento. É mostrado também o acoplamento feito com a teoria de funtores e os diagramas estruturados, e finalmente, apresentam-se os modelos textuais que acompanham os diagramas de conhecimento. Neste capítulo são feitas as analogias com a teoria de Ausubel, apresentando desta forma as conexões reais que possibilitaram o

desenvolvimento deste trabalho. É mostrado também o Método de Reforço de Aprendizagem 2ⁿ. Neste capítulo é explicado o porquê de se realizar o acompanhamento de tal reforço obedecendo este intervalo de tempo. Apresenta-se ainda um exemplo de tal método em conjunto com os funtores e diagramas estruturados.

O capítulo 5 apresenta as conclusões obtidas e os trabalhos futuros relacionados com o tema aqui exposto.

O apêndice A apresenta os resultados de uma pesquisa envolvendo a aplicação do Diagrama Estruturado de Conhecimento e o Método de Reforço 2ⁿ em idosos, com o objetivo de resgatar a cidadania dos mesmos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Durante o desenvolvimento deste trabalho, artigos e livros de literatura especializada foram consultados. Este capítulo apresenta uma seleção dos trabalhos e pesquisas que estão em evidência ou que de certa forma continuam contribuindo para o crescimento dos estudos sobre Aprendizagem Significativa.

Este capítulo apresenta três seções, sendo a primeira delas sobre a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Paul Ausubel, a segunda sobre a Teoria das Categorias e a terceira apresenta os modelos presentes na arquitetura dos Sistemas Tutores Inteligentes. Em relação à aprendizagem significativa de David P. Ausubel podem se destacar a noção de subsunsor, que para Ausubel é vista como uma estrutura cognitiva já enraizada pelo estudante, enquanto neste trabalho esta mesma estrutura é vista como o pré-conhecimento que o estudante trás consigo durante o processo de aprendizagem.

Um segundo ponto em questão para ambos é a característica motivacional do estudante. Este fator é preponderante, pois, sem a motivação, o desejo e a predisposição para aprender, todo o processo metodológico do sistema ensino/aprendizagem se torna imperfeito.

Um terceiro ponto em comum presente em ambos os trabalhos está na característica do material a ser ensinado, uma vez que o mesmo deve possuir um estado potencialmente significativo para quem o recebe. Na teoria de Ausubel esta característica é promovida por estruturas denominadas organizadores prévios. Já neste trabalho, um material potencialmente significativo é obtido por meio da equalização de funtores entre o professor e o aluno.

A segunda seção trata dos conceitos, definições e exemplos sobre teoria das categorias e funtores. Os assuntos tratados nesta segunda seção têm uma aplicação imediata no desenvolvimento deste trabalho. A partir dos conceitos já consolidados de categoria e funtores faz-se uma transposição para uma aplicação prática no meio educacional. São mostrados os termos análogos entre os conceitos abstratos da teoria matemática e sua aplicação direta neste trabalho. Dois pontos que se destacam, são as operações presentes em todas as categorias e a sua correlação com uma pessoa enquanto indivíduo conceitual. O segundo ponto fortalece o mapeamento por meio de funtores entre duas categorias ou no caso específico, duas pessoas.

Na terceira seção são apresentados os modelos do aluno, tutor, domínio e interface. Por meio da teoria apresentada pode-se perceber o quanto um modelo de ensino adaptado permite ao aluno se aproximar do comportamento de um professor humano em sala de aula.

Demais trabalhos foram consultados e uma compilação da contribuição conjunta destes trabalhos pode ser vista a seguir.

O trabalho de Moreira (1993a) apresenta uma discussão sobre a questão dos significados errôneos a respeito do construtivismo, aspecto este de grande importância pois permitiu identificar a pertinência ou não do trabalho desenvolvido nesta tese como sendo do tipo construtivista.

Em Moreira (1994) tem-se uma apresentação e uma análise mais crítica dos principais modelos atuais de mudança conceitual. Este trabalho permitiu fazer uma correlação entre os principais pontos relevantes que relacionavam a teoria de Ausubel com a proposta neste trabalho.

O trabalho de Moreira e Mansini (1982) apresenta considerações sobre a localização do cognitivismo de Ausubel no conjunto da Psicologia, e também exemplos de utilização de teorias de ciências e línguas estrangeiras. Este trabalho serviu como parâmetro para entender como estender a partir do ensino de línguas estrangeiras, o ensino para qualquer outra modalidade, dando preferências para os exemplos na área de exatas. Tais estudos foram complementados com os trabalhos de Moreira (1980) e Moreira e Buckweitz (1982) cuja série de estudos mostrou novos meios alternativos de aprendizagem sobre os princípios propostos por Ausubel, principalmente os relativos à programação de conteúdo e também sobre a utilização de mapas conceituais como recursos instrucionais.

Howe (1972) apresenta uma análise dos tipos de aprendizagem significativa e, tece considerações a partir das pesquisas realizadas pelo próprio Ausubel. As aprendizagens analisadas por Howe foram confrontadas com o tipo de aprendizagem proposta nesta tese, onde se pode perceber que o ponto de junção entre os dois modelos converge para a aprendizagem representacional.

Em Ausubel (1965) o autor explana sua teoria focando o relacionamento entre símbolos, conceitos e proposições quando incorporados a uma estrutura cognitiva. E o trabalho de Ausubel (1968) apresenta o princípio da reconciliação integrativa. Estes

trabalhos representaram o ponto de partida para o amplo entendimento sobre os aspectos que pairavam em cima dos conceitos de aprendizagem significativa.

Sexton e Poling (1973) apresentam um estudo em que são realçados os contrastes entre o tipo de pensamento entre estudantes de baixo desempenho e estudantes de alto desempenho. Este trabalho é importante, pois permite uma comparação com os estudantes aos quais foram submetidos os testes de aprendizagem utilizando funtores.

Black (1952) apresenta resultados referentes a pesquisas envolvendo a lógica e o estudo do raciocínio. Piaget e Gréco (1974) e Piaget (1967, 1970, 1971, 1975, 1976) apresentam um estudo bem detalhado sobre o processo e a aprendizagem cognitiva de uma criança. Parte-se desde o nascimento até o último estágio das operações formais. Berbel (1998) faz um estudo sobre os diferentes caminhos de aprendizagem, porém, com um enfoque voltado para a aprendizagem baseada em problemas.

Sobre mapas conceituais, o trabalho de Vekiri (2002) mostra como construir inferências complexas e integrar as informações utilizando mapas conceituais. Dados obtidos na análise deste trabalho permitiram inferir na construção dos Diagramas Estruturados de Conhecimento.

O'Donnell (1993) explica a comprovação empírica sobre a eficiência de buscas quando se utiliza informações em forma de mapas. Durante os testes realizados utilizando funtores pode-se comparar os resultados obtidos por O'Donnell (1993) com a expectância dos valores obtidos nesta tese.

Douglas (2012) explica a eficiência dos mapas conceituais nos estudos para provas e concursos. Assim como Douglas (2012) este trabalho comprovou e comparou sua eficiência em cursos de curta duração voltados para provas e concursos utilizando os Diagramas Estruturados de Conhecimentos.

Williams (1998) apresenta um estudo sobre mapas conceituais e o seu relacionamento com função de conhecimento conceitual.

Sobre teoria das categorias a principal referência adotada neste trabalho foi a de Aspert e Longo (1991). E complementarmente tem-se o trabalho de Silva (2005) que é uma dissertação de mestrado com demonstrações sobre três teoremas sobre dualidade e autodualidade e a dimensão da relação do anel, módulo radical de Jacobson, com a

dualidade. Este trabalho apresenta diversos modelos e abordagens de demonstrações matemáticas que foram úteis no desenvolvimento deste.

Sobre reforço de aprendizagem, um trabalho importante pode ser encontrado em Izquierdo (2010), onde neste trabalho o autor explica como são gravadas as informações no cérebro, e o porquê da alternância de atenção do cérebro quando se está fazendo mais de uma atividade ao mesmo tempo. Bacon (1620), Newton (1687) e Corvisieri (2004) com seus trabalhos célebres fornecem as bases do método empírico indutivo. Tais teorias são fundamentais para explicar e justificar o sucesso da aplicação do método de reforço 2ⁿ.

2.1 Teoria da Aprendizagem Significativa de David Paul Ausubel

A aprendizagem cognitiva pode ser definida como aquela na qual um determinado conteúdo é inserido na estrutura cognitiva de forma organizada, criando um complexo organizado de informações (APOSTEL, 1959). Por estrutura cognitiva entende-se como um conjunto global de idéias sobre determinado assunto, disciplina ou mesmo conjunto total de pensamentos de um indivíduo, e a forma com que são organizados.

A teoria de David Ausubel, do mesmo modo que a teoria de Jean Piaget, é uma teoria de caráter cognitivista e construtivista. É cognitivista ao tentar explicar o processo pelo qual o cérebro percebe, aprende, recorda e pensa sobre toda informação captada, e construtivista ao assumir que o processo de apreensão do conhecimento é evolutivo, um processo no qual o conhecimento atual é construído em cima de etapas prévias já acabadas.

Para Ausubel, o termo estrutura cognitiva tem o significado de uma estrutura hierárquica de conceitos. Da mesma forma que em Piaget, Ausubel também trabalha com o conceito de Organização de certas entidades. No entanto, enquanto estas entidades em Piaget representam os Esquemas (que englobam conceitos mais operações) em Ausubel estas entidades são apenas os conceitos. Poderíamos dizer que enquanto em Piaget os elementos que compõem a estrutura cognitiva incorporam o aspecto dinâmico, em Ausubel estes elementos têm um aspecto estático.

2.1.1 Aspectos Fundamentais da Teoria: Aprendizagem Significativa *versus* Aprendizagem Mecânica

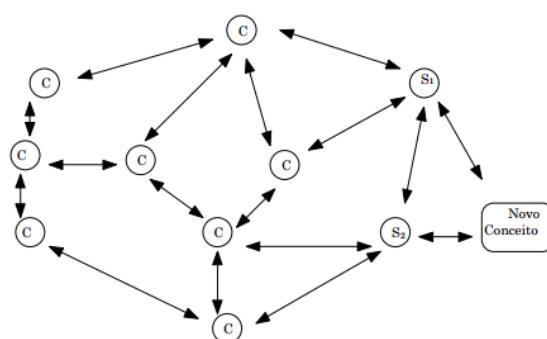
David Paul Ausubel propôs uma teoria, conhecida por **Teoria da Aprendizagem Significativa**, através da qual afirma que é a partir de conteúdos que indivíduos já possuem na **Estrutura Cognitiva**, que a aprendizagem pode ocorrer. Estes conteúdos prévios deverão

receber novos conteúdos que, por sua vez, poderão se modificar e dar outras significações àquelas pré-existentes. Nas palavras do próprio autor “o fator mais importante que influi na aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe. Isto deve ser averiguado e o ensino deve depender desses dados” (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1983). Em outras palavras, Aprendizagem Significativa é um processo por meio do qual uma nova informação é acoplada a uma estrutura cognitiva particular e específica, prévia, conhecida por subsunsor.

O conceito central que permeia a teoria de Ausubel é o de aprendizagem significativa. Diz-se que há aprendizagem significativa de determinado conceito quando este se relaciona de maneira substantiva e não arbitrária com outros conceitos pré-existentes na estrutura cognitiva do indivíduo, aos quais Ausubel chama Subsunsores¹ (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1983). Por subsunsores, Ausubel entende um ou mais conceitos, já existentes na estrutura cognitiva aos quais os novos conceitos vão ligar-se em um primeiro momento antes de serem incorporados à estrutura cognitiva de forma mais completa.

Para Ausubel, relacionar-se de maneira significativa quer dizer que o conceito possui ligações de caráter psicológico e epistemológico com algum(s) conceito(s) da estrutura cognitiva, partilhando com o conceito já presente algum significado comum, ligando-se à estrutura cognitiva por meio da associação (no sentido de formar agrupamentos) a estes conceitos². A Figura 2 apresenta um esquema para um conceito de aprendizagem significativa na teoria de David P. Ausubel.

Figura 2 - Esquema para o conceito de aprendizagem significativa na teoria de David P. Ausubel. Nos círculos com a letra C têm-se conceitos pré-existentes na estrutura cognitiva enquanto S1 e S2 representam conceitos novos



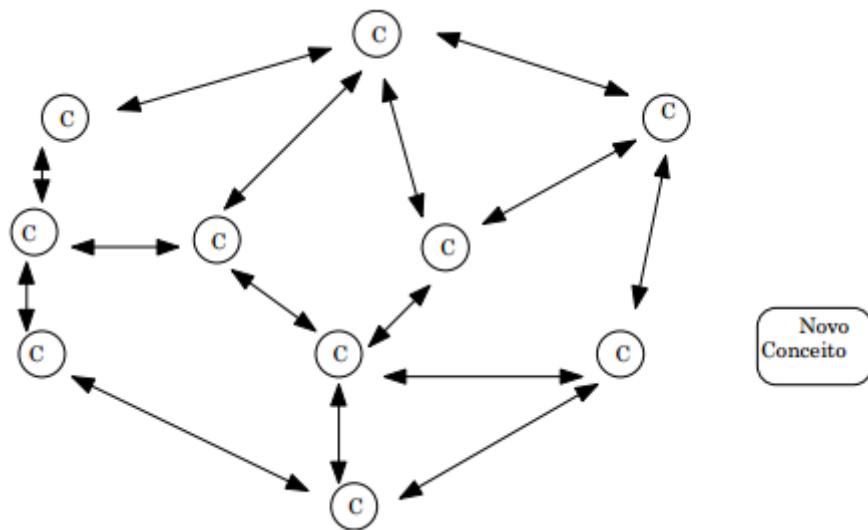
A estrutura cognitiva do aprendiz tem conceitos pessoalmente relevantes, e é a eles que novas informações devem ser relacionadas para que o estudante possa organizar outros conhecimentos (MOREIRA, 2003).

Nessa perspectiva, para que uma aprendizagem seja significativa, o novo conteúdo deve estar relacionado a conteúdos prévios importantes do aprendiz, ou seja, a conceitos subsunsores relevantes.

Por outro lado, quando um indivíduo incorpora um ou mais conceitos, sem que estes se liguem a algum conceito pré-existente da estrutura cognitiva, então, diz-se que está havendo aprendizagem mecânica.

A Figura 3 apresenta um esquema para o conceito de aprendizagem mecânica na teoria de David P. Ausubel.

Figura 3 - Esquema para o conceito de aprendizagem mecânica na teoria de David P. Ausubel. Nos círculos com a letra C têm-se conceitos pré-existentes na estrutura cognitiva



Quando um material pode ser relacionado à estrutura cognitiva do aluno, diz-se que este material é do tipo potencialmente significativo, podendo ser uma figura, imagem, conceito ou princípio.

2.1.2 Tipos de Aprendizagem Significativa na Teoria de Ausubel

A teoria Ausubeliana apresenta três tipos de aprendizagem significativa possíveis, quanto ao grau de abstração. São elas a aprendizagem representacional, a aprendizagem de conceitos e a aprendizagem de proposições.

A aprendizagem representacional é a mais básica, pois representa uma associação simbólica primária. Aos símbolos são atribuídos significados, como por exemplo, valores sonoros vocais a caracteres linguísticos. A aprendizagem de conceitos é uma aprendizagem também de símbolos, porém eles são genéricos, ou categóricos, a respeito de qualidades e/ou propriedades essenciais dos objetos ou eventos. Já a aprendizagem de proposições envolve aprender idéias em forma de proposições, ou seja, aprender as inter-relações entre conceitos.

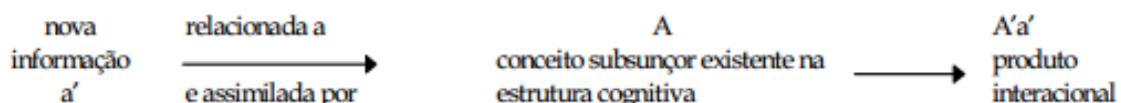
A esse processo de aquisição e de organização de novos conhecimentos na estrutura cognitiva de um indivíduo, foi dado o nome de “Teoria da Assimilação”. Moreira (1999) a representa através da seguinte seqüência:

Nova informação potencialmente significativa (a')
 [É] relacionada a, e assimilada por
 Conceito subsunso existente na estrutura cognitiva (A)
 [resultando em] Produto interacional (subsunso modificado) ($A'a'$)

O termo “assimilação” não deve ter seu uso confundido com o mesmo termo presente na teoria de Piaget. Apesar de a palavra ser a mesma, o significado é completamente diferente.

A representação mostrada por Moreira (1999) sobre a Teoria da Assimilação permite identificar que o conceito subsunso previamente existente no indivíduo é modificado depois da assimilação do novo conceito. A Figura 4 apresenta uma visão esquemática da teoria da assimilação de Ausubel.

Figura 4 - Visão esquemática da Teoria de Assimilação de Ausubel



De acordo com a Figura 4, a assimilação é um processo que ocorre quando um conceito ou proposição a é ligado a um conceito mais inclusivo A , já existente na estrutura cognitiva com determinado grau de clareza, estabilidade e diferenciação. Nesse processo, não só a nova informação (a), mas também o “velho” conceito acabam modificados pela interação, resultando em $A'a'$; desta interação não só (a) adquire significado para o

indivíduo mas também (A) passa a ter novos significados. Ambos se modificam daí passarem a ser (a') e (A') ao invés de permanecerem com (a) e (A) respectivamente.

Os conceitos A' e a' são diferenciados ainda durante certo tempo após a assimilação. No entanto, através de uma organização cognitiva, o sujeito passa a um segundo estágio de assimilação, conhecida como assimilação obliteradora, tornando a separação entre A' e a' cada vez mais difícil. O resultado é o subsunsor modificado A'. A esse processo (diferenciação progressiva do conceito subsunsor, modificando-o) é dado o nome de diferenciação progressiva, que acontece em uma das categorias de aprendizagem significativa (a aprendizagem significativa subordinada).

Em outras palavras, durante certo período, existe a possibilidade de dissociação de A'a' em A' + a'. Isto ocorreria devido à tendência da estrutura cognitiva em guardar, ao longo do tempo, apenas as ideias mais abrangentes daquilo que é aprendido de maneira significativa.

Em contraposição, na aprendizagem mecânica não há (ou há muito pouca) relação com subsunsores relevantes do estudante. O ensino de conceitos, leis e teorias dentro de uma mesma disciplina de forma não integrada, sem relação entre as bases dos conteúdos trabalhados e, muito menos, com os elementos existentes na estrutura cognitiva do aprendiz, é um exemplo de um ensino que não requer aprendizagem significativa.

Entretanto, há situações em que os estudantes não possuem subsunsores relacionados aos novos conceitos; nesses casos, talvez seja preciso, antes, introduzi-los através de aprendizagem mecânica. Ausubel propõe, nesses casos, utilizar organizadores prévios como estratégia para ensino-aprendizagem.

Organizadores prévios são materiais introdutórios, apresentados a um nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade que o conteúdo do material instrucional a ser aprendido proposto por David P. Ausubel para facilitar a aprendizagem significativa. Eles se destinam a servir como pontes cognitivas entre aquilo que o aprendiz já sabe e o que ele deve saber para que possa aprender significativamente o novo conteúdo. Ausubel propõe os organizadores prévios como a estratégia mais eficaz para facilitar a aprendizagem significativa quando o aluno não dispõe, em sua estrutura cognitiva, dos conceitos relevantes para a aprendizagem de um determinado tópico.

Os organizadores prévios não devem ser confundidos com sumários e introduções que são escritos no mesmo nível de abstração, generalidade e inclusividade do

material que se segue, simplesmente enfatizando os pontos principais desse material. Na concepção ausubeliana, os organizadores prévios destinam-se a facilitar a aprendizagem de um tópico específico. Por outro lado, os materiais introdutórios construídos para este estudo, são denominados pseudo-organizadores prévios, porque se destinam a facilitar a aprendizagem de uma unidade. (SOUZA; MOREIRA, 1981)

Um exemplo que permite melhor entender o conceito de organizador prévio pode ser visto no estudo de Taxonomia. A Taxonomia é uma parte da Biologia que trata da classificação dos seres vivos. A Taxonomia pode ser dividida em zoológica e botânica. A classificação dos seres vivos engloba sete categorias que são:

- Reino → conjunto de todos os filos.
- Filo → agrupamento de classe.
- Classe → agrupamento de ordem.
- Ordem → agrupamento de família.
- Família → agrupamento de gênero.
- Gênero → agrupamento de espécie.
- Espécie → agrupamento de indivíduos com profundas semelhanças.

Como organizador prévio pode-se distribuir botões com várias características e, solicitar aos estudantes que agrupem os botões em categorias, que vão das características mais gerais às mais específicas; as mais específicas equivalem às “espécies” dos botões. Os botões podem ser agrupados por tamanho, cor, material, função, forma, etc.. Entende-se que esta atividade de agrupamento de botões deva facilitar a compreensão e a classificação dos seres.

Contudo, para Ausubel, ainda há a preocupação de que os estudantes estejam dispostos a relacionar o novo material à sua estrutura cognitiva, caso contrário, a aprendizagem será meramente mecânica, mesmo que o material seja potencialmente significativo. Da mesma forma, se o material não for potencialmente significativo, os estudantes, mesmo com grande disposição para incorporar o conteúdo à sua estrutura cognitiva, terão aprendizagem mecânica. Além disso, Ausubel afirma que a organização dos elementos no cérebro humano é hierarquizada, ou seja, conceitos específicos são ligados a conceitos mais gerais. Nesse sentido, a Estrutura Cognitiva na realidade é uma estrutura hierárquica de conceitos.

Mas como se pode avaliar se uma aprendizagem adquirida é significativa ou não? Segundo Ausubel, o conteúdo adquirido tem que estar claro preciso e deve haver competência em transferi-lo a situações novas, diferentes daquelas que foram usadas para o seu ensino. O fato de o aluno conseguir definir conceitos, discorrer sobre eles ou mesmo

resolver problemas complexos, não significa que teve aprendizagem significativa. Ausubel “... argumenta que uma longa experiência em fazer exames faz com que os estudantes se habituem em memorizar não só proposições e fórmulas, mas também causas, exemplos, explicações e maneiras de resolver ‘problemas típicos’” (MOREIRA, 1999).

Mas então, como seria um instrumento avaliativo de aprendizagem significativa?

Moreira descreve a visão de Ausubel quanto a esse aspecto:

“[...] ao procurar evidência de compreensão significativa, a melhor maneira de evitar a ‘simulação da aprendizagem significativa’ é formular questões e problemas de uma maneira nova e não familiar, que requeira máxima transformação do conhecimento adquirido. Testes de compreensão, por exemplo, devem, no mínimo, ser fraseados de maneira diferente e apresentados em um contexto de alguma forma diferente daquele originalmente encontrado no material instrucional”. (MOREIRA, 1999, p. 156)

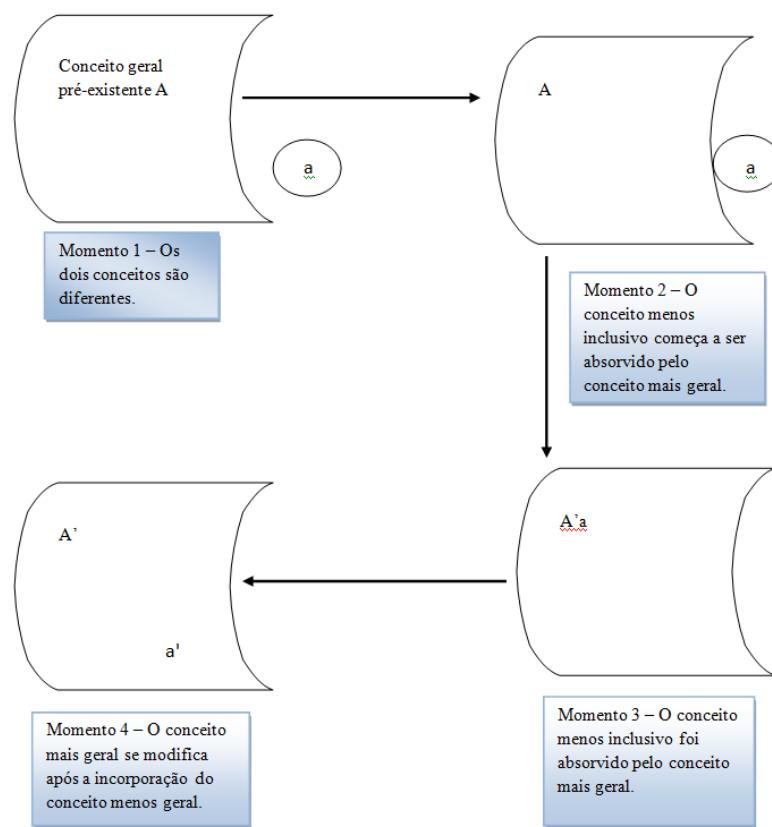
Relembrando, com o objetivo de melhor caracterizar e melhor explanar a aprendizagem significativa, Ausubel diferencia a aprendizagem em três categorias, conforme parágrafo inicial desta seção. A primeira, denominada de aprendizagem representacional, grosso modo, é identificada quando um indivíduo consegue atribuir significado a símbolos particulares e aos eventos aos quais eles se referem. A segunda, chamada de aprendizagem de conceitos, é mais genérica, abstrata e representa regularidades; talvez possamos afirmar que ela é uma aprendizagem representacional generalizada. Já a terceira, conhecida como aprendizagem proposicional, define a aprendizagem como uma idéia advinda dos conceitos; em outras palavras, o conceito é definido através de uma proposição, portanto, através de várias palavras. É importante frisar que todas elas são categorias de aprendizagem significativa.

Há também outras categorias de aprendizagem não conflituosas com as expostas no parágrafo anterior; pelo contrário, são complementares. Elas são: aprendizagem subordinada, que acontece quando o novo conhecimento interage com subsunsores, tornando o novo, cheio de significado; aprendizagem superordenada, acontece quando, partindo dos subsunsores, se forma uma idéia mais geral (conceito ou proposição), organizando os subsunsores como partes desta idéia genérica; aprendizagem combinatória, pode ser entendida como aprendizagem de proposições mais amplas, mais gerais do que aquelas que já existem na estrutura cognitiva. É aprendizagem de uma proposição global, portanto, não

subordinada e nem superordenada, por não se ligar com conceitos ou proposições específicos.

Assim, uma aprendizagem pode ser analisada de acordo com as seis classificações vistas anteriormente (e elas não são excludentes). Um indivíduo pode ter aprendizagem de proposições e também aprendizagem superordenada, por exemplo. Optando por uma interpretação mais visual, a aprendizagem subordinada, apresentada na Figura 5, ocorre quando um conceito é incorporado a uma estrutura maior.

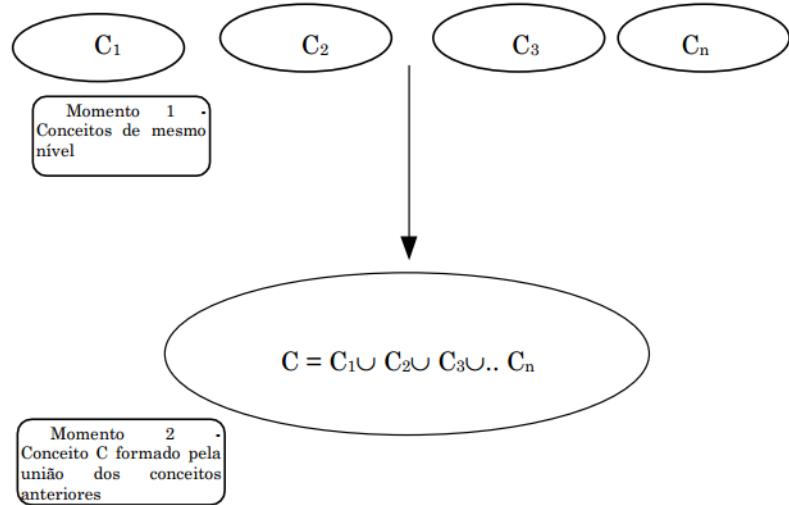
Figura 5 - Visão esquemática para o processo de aprendizagem subordinada na teoria de David P. Ausubel



Fonte: Elaborado pelo autor.

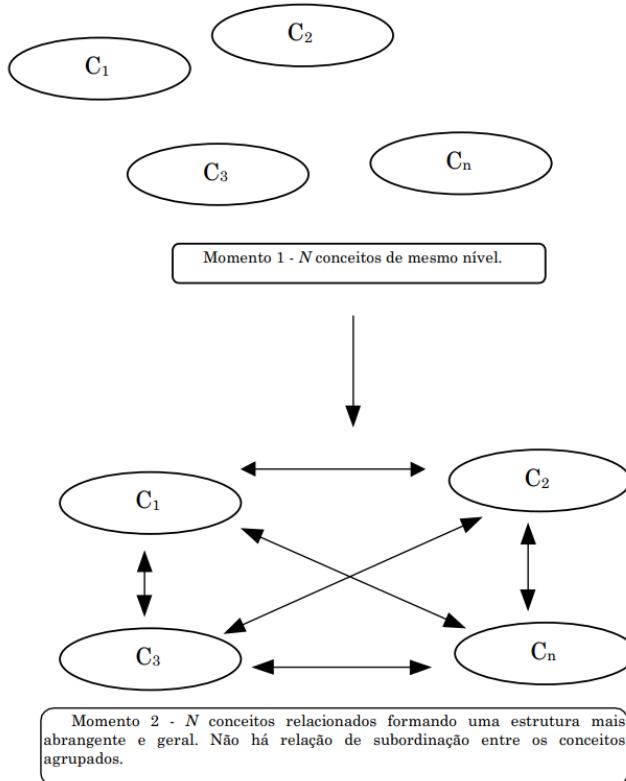
A aprendizagem superordenada acontece quando, a partir de uma série de conceitos existentes na estrutura cognitiva, surge um novo conceito, mais abrangente, que engloba e reúne os conceitos pré-existentes. Isto é, há uma reorganização cognitiva, uma sobre-ordenação conceitual. A Figura 6 apresenta uma visão esquemática da aprendizagem superordenada.

Figura 6 - Visão esquemática para a aprendizagem superordenada na teoria de David Ausubel



E, a aprendizagem combinatória existe quando proposições e/ou conceitos são adquiridos sem que exista uma relação de subordinação ou de super-ordenação com determinados conceitos especificamente relevantes, mas sim com um fundo conceitual mais amplo, que o indivíduo já adquiriu. A Figura 7 apresenta uma visão esquemática da aprendizagem combinatória.

Figura 7 - Visão esquemática para a aprendizagem combinatória dentro da teoria de David Ausubel



Ausubel ainda destaca dois interessantes processos que ocorrem na aprendizagem significativa: a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa. O primeiro já foi citado quando observamos que o subsunso pode modificar-se com a introdução de uma nova informação, alterando-o e dando novo significado; esse é o processo conhecido como diferenciação progressiva, e está normalmente presente na aprendizagem significativa subordinada. O segundo acontece quando, ideias mais gerais relacionam subsunsores que inicialmente estavam separados na estrutura cognitiva; normalmente este processo ocorre na aprendizagem significativa superordenada ou na aprendizagem significativa combinatória.

Ausubel atribui o status de princípio à afirmação de que conceituações ou proposições mais gerais devem ser apresentadas no início de um processo de instrução. Este princípio é baseado em duas hipóteses:

1. As dificuldades de aprendizagem são menores quando, a partir do todo, se olha as partes, do que quando, a partir das partes, tenta-se entender o todo;
2. Na estrutura mental de um indivíduo, existe certa hierarquia, na qual idéias mais gerais encontram-se no topo, incluindo mais abaixo proposições e conceitos específicos (MOREIRA, 1999).

2.1.3 Mapas Conceituais

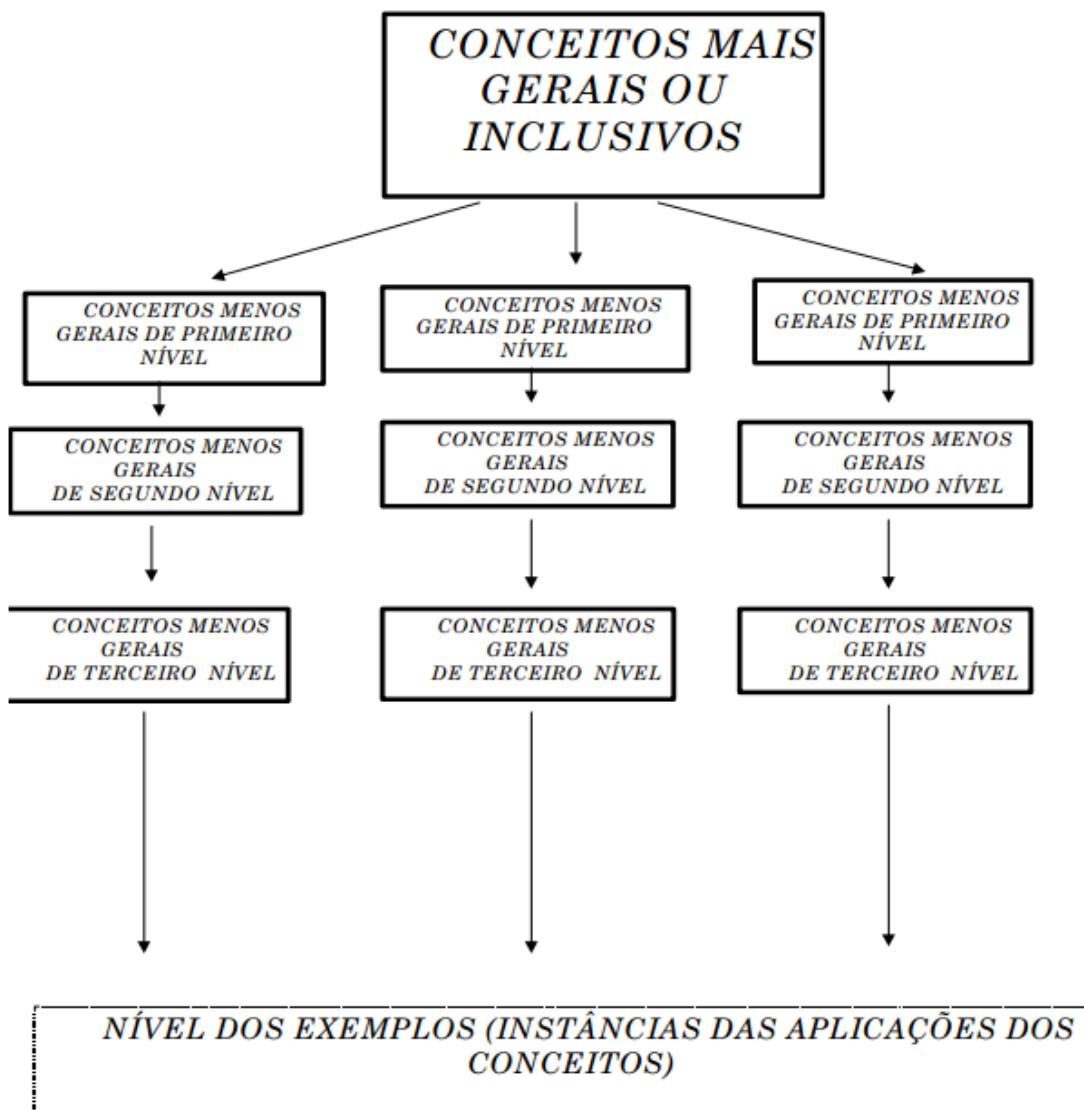
Um dos princípios das teorias cognitivistas é a suposição de que os conceitos são organizados em um tipo de estrutura ordenada. A esta estrutura é dado o nome de Estrutura Cognitiva.

As várias teorias cognitivistas se diferenciam pelos modelos adotados para descrever como se dá a construção desta estrutura, e de como a nova informação é incorporada a ela, e de como a informação nela contida é recuperada pelo sujeito para uso na interpretação dos fenômenos que acontecem no cotidiano.

A teoria cognitivista de David Ausubel, em particular, pressupõe uma ordenação hierárquica de conceitos na forma de uma árvore invertida onde os conceitos mais gerais ou inclusivos se encontram no topo da árvore e os conceitos menos gerais se apresentam como ramificações que crescem em direção à base. Um exemplo deste tipo de estrutura pode ser encontrado na Figura 8. A Figura 8 é uma representação dos conceitos e recebe o nome de Mapa Conceitual. Em um mapa desse tipo, procura-se mostrar graficamente a disposição conceitual como manifestada pelo sujeito.

É importante salientar, desde já, que um mapa conceitual não é nem certo e nem errado. Ele deve ser sempre entendido como uma fotografia instantânea da estrutura cognitiva do sujeito, ou seja, da forma como ele organiza os conceitos que compõem a sua estrutura cognitiva.

Figura 8 - Visão de um mapa conceitual



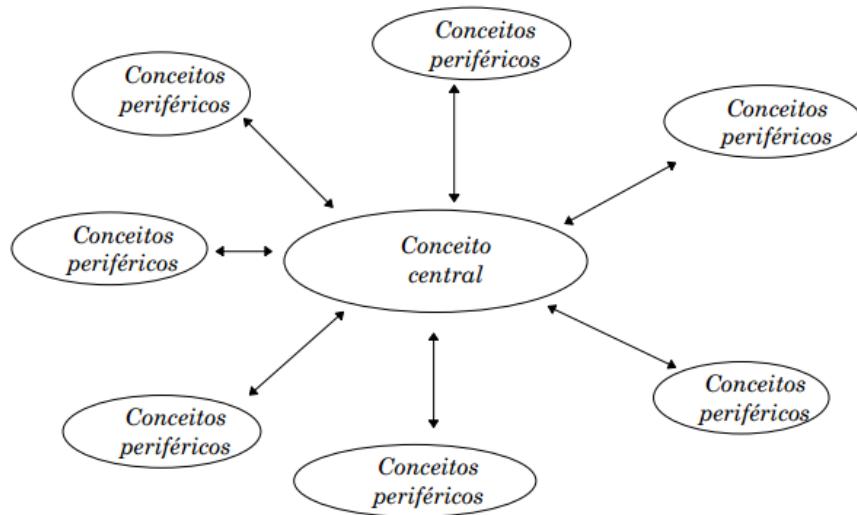
Ausubel propõe o uso de organizadores prévios e de mapas conceituais com o objetivo de auxiliar o planejamento de ensino, os processos de diferenciação progressiva e os processos de reconciliação integrativa.

“De um modo geral, mapas conceituais, ou mapas de conceitos, são apenas diagramas indicando relações entre conceitos, ou entre palavras que usamos para representar conceitos”. (MOREIRA, 2005)

Da mesma forma que se pode usar o mapa conceitual como uma ferramenta de sondagem da estrutura cognitiva de determinado sujeito, pode-se usar o mapa como uma ferramenta de análise do currículo de certo material instrucional. Nesse caso, estar-se-ia interessado na explicitação dos conceitos contidos naquele material instrucional e nas relações subjacentes entre os conceitos que compõem o material instrucional, estabelecidas de forma explícita ou implícita por quem elaborou o material. Esse tipo de análise se mostra particularmente útil ao se planejar um curso ou analisar-se um livro didático, por exemplo.

No caso de se estar interessado em fazer um mapa da estrutura cognitiva de determinado sujeito ou do currículo escondido em certo material instrucional, outros tipos de mapas são possíveis. Um exemplo é o mapa do tipo estrela que pode ser visto na Figura 9. Neste caso os conceitos mais gerais são os conceitos centrais, com os conceitos menos inclusivos em camadas concêntricas em torno do conceito central.

Figura 9 - Mapa conceitual tipo estrela



Fonte: Elaborado pelo autor.

Porém, a confecção de mapas conceituais não é nada fácil. É preciso saber a priori, quais são os conceitos básicos que estruturam a teoria que se pretende ensinar, ou seja, é preciso que se tenha uma visão global do paradigma a ser trabalhado. Só a partir desse momento, é que o programa, com sua seqüência e com seus detalhes, pode ser montado.

Ausubel sugere alguns princípios que devem existir em uma programação de ensino, para que ela seja eficiente. Dois deles já foram comentados em parágrafos anteriores:

diferenciação progressiva e reconciliação integrativa. Há, ainda, duas outras, organização seqüencial e consolidação:

A organização seqüencial, como princípio a ser observado na programação do conteúdo com fins instrucionais, consiste em seqüenciar os tópicos, ou unidades de estudo, de maneira tão coerente quanto possível (observados os princípios de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa) com as relações de dependência naturalmente existentes entre eles na matéria de ensino.

A consolidação como quarto princípio programático de um ensino objetivando a aprendizagem significativa leva a insistir no domínio (respeitada a progressividade da aprendizagem significativa) do que está sendo estudado antes de introduzir-se novos conhecimentos. É uma decorrência natural da premissa de que o conhecimento prévio é a variável que mais influencia a aprendizagem subsequente. (SOUZA e MOREIRA, 1981)

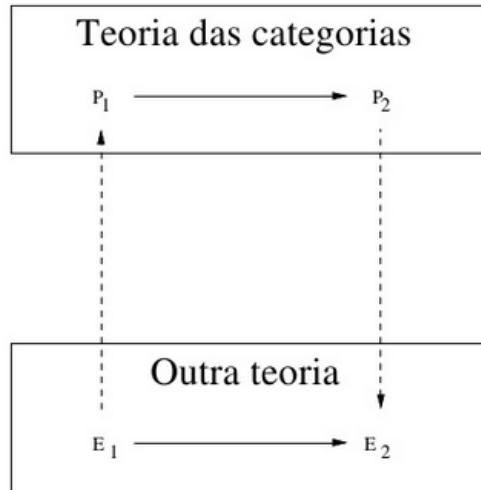
Concluindo, é preciso ressaltar que para Ausubel, o ensino deve ocorrer sempre a partir do que o aluno já sabe, organizando o conteúdo de acordo com essa estrutura cognitiva prévia. E, além disso, a **predisposição para aprender** passa a ser uma condição para a aprendizagem (MOREIRA, 2003).

2.2 Teoria das Categorias

Este capítulo apresenta os principais conceitos relevantes ao entendimento de Teoria das Categorias. Este ponto é importante, pois servirá de alicerce aos conceitos sobre funtores e sua aplicação neste trabalho.

A Teoria das Categorias estuda os “objetos” e os “morfismos” entre estes objetos; Esta teoria apresenta-se como uma generalização da teoria dos conjuntos e das funções (MENEZES; HAEUSLER, 2001). Desta forma, pode-se interpretar “objetos” como sendo “conjuntos estruturados” e “morfismos” como sendo “funções”. Tem-se assim uma ferramenta para a descrição abstrata de problemas de matemática, onde é possível identificar um jargão e um ambiente matemático consistente e unificado para a investigação em matemática (MENEZES; HAEUSLER, 2001). A Figura 10 apresenta um modelo desta abstração matemática.

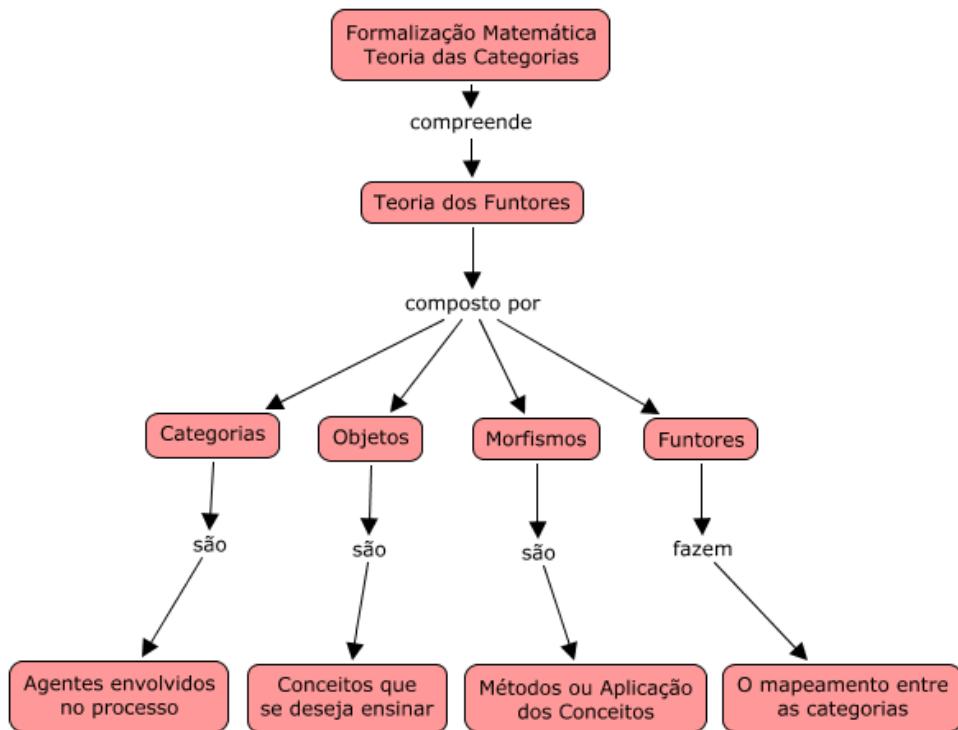
Figura 10 - Modelo de abstração matemática



Fonte: SILVA (2005)

Entre as vantagens de se utilizar Teoria das Categorias está a capacidade de generalização, abstração e unificação. Tal teoria permite destacar uma estrutura que possibilite o estudo de semânticas nos diversos campos do conhecimento. A estrutura geral da Teoria das Categorias utilizada neste trabalho pode ser vista na Figura 11 por meio de mapas conceituais.

Figura 11 - Mapa Conceitual da estrutura geral de Teoria das Categorias utilizadas neste trabalho



Fonte: Elaborado pelo autor

Por meio da Figura 11 é possível identificar os atores principais desta teoria. Basicamente a Teoria das Categorias é composta, dentre outras definições, da definição de funtores. Os funtores por sua vez são compostos de termos como categorias, objetos, morfismos e funtores. Evidentemente, existem outros termos dentro desta definição, mas como eles não são utilizados dentro deste trabalho, optou-se por omiti-los. Aos que aqui são expostos tem-se que as categorias são representadas pelos agentes envolvidos no processo, isto é, o professor e aluno; os objetos são tidos como sendo os conceitos que se deseja transmitir aos alunos; morfismos são tidos como sendo os métodos ou aplicações dos quais os conceitos fazem uso; e os funtores propriamente ditos representam o mapeamento aplicado entre as categorias.

2.2.1 Definição de Categoria

A Teoria das Categorias apresenta uma única regra básica, denominada “composição”. Esta composição deve obedecer a algumas operações, sendo elas a operação associativa e a operação identidade entre os objetos. Desta forma, em uma definição mais formal, tem-se:

Uma *categoria C* é (ASPERTI; LONGO, 1991):

1. Uma coleção Ob_C de *objetos*, denotados por a, b, \dots, A, B, \dots ;
2. Uma coleção Mor_C de *morfismos* (setas), denotadas por f, g, \dots ;
3. As operações *dom* e *cod* atribuindo para cada seta f dois objetos, respectivamente *domínio* (origem) e *codomínio* (destino) de f ;
4. Uma operação *id* associando a cada objeto b um morfismo id_b (a identidade de b) tal que $(\text{dom } \text{id}_b) = \text{cod}(\text{id}_b) = b$;
5. Uma operação \circ (composição) associando a cada par de setas f e g , com $\text{dom}(f) = \text{cod}(g)$ uma seta $f \circ g$ tal que $\text{dom}(f \circ g) = \text{dom}(g)$ e $\text{cod}(f \circ g) = \text{cod}(f)$.

Tanto a operação Identidade quanto a operação Composição devem satisfazer as seguintes Leis (ASPERTI; LONGO, 1991):

- **Lei da identidade:** Para quaisquer setas f e g , tal que $\text{cod}(f) = \text{dom}(g) = b$, $\text{id}_b \circ f = f$ e $g \circ \text{id}_b = g$;
- **Lei da associatividade:** Para quaisquer setas f, g e h , tal que $\text{dom}(f) = \text{cod}(g)$ e $\text{dom}(g) = \text{cod}(h)$, $(f \circ g) \circ h = f \circ (g \circ h)$.

Duas notações que se fazem importantes são:

- $f: a \rightarrow b$ denota um morfismo com origem em a e destino em b ;
- Dados dois objetos a e b , o conjunto de todos os morfismos f tal que $f: a \rightarrow b$ é denotado por $C[a,b]$. Assim, $f \in C[a,b]$ significa que $dom(f) = a$ e $cod(f) = b$.

Pela definição de categoria, todo objeto $b \in Ob_C$ deve possuir uma identidade $id_b : b \rightarrow b$, e esta identidade é única pois se existisse uma $id'_b \neq id_b$ então, pela lei da identidade, $id'_b = id_b \circ id'_b = id_b$. Assim sendo, um morfismo em que se coincidem a origem e o destino é chamado de endomorfismo.

2.2.2 Diagramas

Diagramas são usados para representar equações, por meio das quais, é possível inferir novas equações distintas. Um exemplo de diagrama pode ser visto na Figura 12.

Figura 12 - Exemplo de diagrama

$$a \xrightarrow{f} b$$

Fonte: SILVA (2005)

Onde a, b são objetos e, $f: a \rightarrow b$ representa o morfismo.

Um segundo exemplo de diagramas usando morfismos pode ser visto na Figura 13.

Figura 13 - Exemplo de diagrama usando morfismos

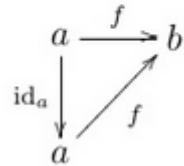
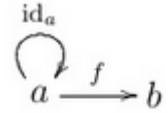
$$\begin{array}{ccc} a & \xrightarrow{f} & b \\ & \searrow g & \uparrow h \\ & c & \end{array}$$

Fonte: SILVA (2005)

Neste exemplo da Figura 13, têm-se os morfismos $f: a \rightarrow b$, $g: a \rightarrow c$ e $h: c \rightarrow b$, associando-se gerando a estrutura representada na figura 14.

A Figura 14 apresenta o diagrama da identidade.

Figura 14 - Representação da operação identidade por meio de diagramas

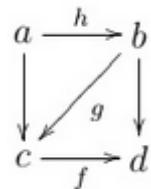


Fonte: SILVA (2005)

Um diagrama **comuta** ou possui a operação **comutativa** se a composição dos morfismos ao longo de qualquer caminho entre dois objetos fixos é igual. Com base nesta afirmação podem-se apresentar a lei associativa e a lei identidade por meio de diagramas.

Lei associativa:

Figura 15 - Representação da lei associativa por meio de diagramas



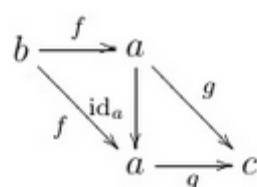
Fonte: SILVA (2005)

Onde se tem os seguintes morfismos e composições:

$$f: c \rightarrow d / g: b \rightarrow c / h: a \rightarrow b / (f \circ g) \circ h = f \circ (g \circ h)$$

Lei da identidade:

Figura 16 - Representação da lei identidade por meio de diagramas



Fonte: SILVA (2005)

Onde se tem os seguintes morfismos e composições:

$$f: b \rightarrow a / g: a \rightarrow c / id_a \circ f = f / g \circ id_a = g.$$

A Figura 17 apresenta alguns exemplos de categorias.

Figura 17 - Alguns exemplos de categorias

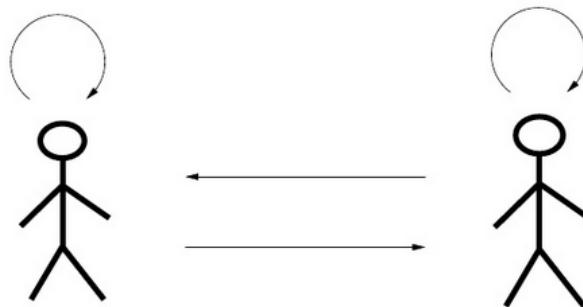
| Categoria | Objetos | Morfismos |
|-------------|----------------------------------|-------------------------|
| Set | conjuntos | funções (totais) |
| Top | espaços topológicos | funções contínuas |
| Vect | espaços vetoriais | transformações lineares |
| Grp | grupos | homomorfismos de grupos |
| PO | conjuntos parcialmente ordenados | funções monotônicas |

Fonte: SILVA (2005)

Portanto, diante do exposto pelas Figuras 12 a 16 pode-se citar Mac Lane (1971) que em Teoria das Categorias não se deve considerar a estrutura interna dos objetos, mas apenas as relações estabelecidas entre eles pelos seus morfismos. Como por exemplo, a categoria **Amor** apresentada pela Figura 18. Neste exemplo, tem-se uma relação de amor entre dois indivíduos, porém não há qualquer identificação sobre sua estrutura interna. Basta saber que dois indivíduos compartilham desta categoria.

Figura 18 - Representação da categoria amor

Categoria **Amor**:



Fonte: SILVA (2005)

Vale observar que a menor categoria possível é a categoria 1 que possui apenas um objeto e uma seta (a identidade do objeto).

2.2.3 Funtores

Uma das premissas da Teoria das Categorias é a de que todo tipo de objeto estruturalmente matemático apresenta-se composto de uma noção aceitável de transformação ou construção, isto é, um morfismo que possa preservar a estrutura do objeto (ASPERTI; LONGO, 1991).

Um Funtor representa a noção natural de morfismos entre categorias, ou seja, um Funtor pode ser visto como uma espécie de homomorfismo de categorias. Por homomorfismos de categorias, entende-se uma aplicação (no caso o Funtor) entre duas estruturas (no caso as Categorias) de forma que a construção resultante (ou transformação) respeite (ou preservem) as operações das estruturas (GINSBURG, 1975).

Um exemplo de homomorfismo pode ser visto usando uma definição formal no contexto de álgebra universal (campo que estuda as idéias comuns a todas as estruturas algébricas) (HARJU; KARHUMÄKI, 1997). Neste cenário, um homomorfismo $f: A \rightarrow B$ é uma função entre duas estruturas algébricas do mesmo tipo de tal modo que:

$f(\mu_A(a_1, \dots, a_n)) = \mu_B(f(a_1), \dots, f(a_n))$ para cada operação n-ária μ e para todos os elementos $a_1, \dots, a_n \in A$.

Conforme visto, uma categoria é um sistema ternário constituído por uma classe, um conjunto de morfismos e uma função, sendo assim, dadas duas categorias $\mathbf{C} = (C, \text{Mor}_C, \circ)$ e $\mathbf{D} = (D, \text{Mor}_D, \circ)$, para haver algo que forneça uma relação entre duas categorias, tem-se que ter algo que possa ligar as classes \mathbf{C} e \mathbf{D} entre si; que gere uma relação entre $\text{Mor}_C(A, B)$ e $\text{Mor}_D(X, Y)$, entre si, e inclua a função \circ . É pertinente, desta forma, pensar que um funtor \mathbf{F} deva ser um par de funções (F', F'') , onde $F': C \rightarrow D$ e $F'': \text{Mor}_C \rightarrow \text{Mor}_D$.

Neste caso exposto, como existe a composição $f \circ g$ entre dois morfismos f e $g \in \text{Mor}_C$ então é de se pensar que $F''(f \circ g) = F''(f) \circ F''(g)$.

É importante observar que pode ocorrer uma situação onde \mathbf{F} inverte o sentido, isto é, tendo $f: A \rightarrow B$ em \mathbf{C} , pode acontecer de $F''(f) \in \text{Mor}_D$ levar $F'(B) \rightarrow F'(A)$. Consequentemente, percebe-se que há dois tipos de funtores. Eles são chamados covariantes, no caso de $F'(A) \rightarrow F'(B)$ e contravariantes, no caso de $F'(B) \rightarrow F'(A)$ (SILVA, 2005).

Definição (SILVA, 2005): Diz-se que um par de funções $F = (F', F'')$ é um funtor covariante de C em D se, e somente se,

$F' : C \rightarrow D$ e $F'' : Mor_C \rightarrow Mor_D$, tais que, $\forall A, B, K \in \mathcal{C}$ e $\forall f : A \rightarrow B$ e $g : B \rightarrow K$, tem-se:

1. $F''(f) : F'(A) \rightarrow F'(B)$ em \mathcal{D} ;
2. $F''(g \circ f) = F''(g) \circ F''(f)$;
3. $F''(I_A) = I_{F'(A)}$.

Observe que sendo $f : A \rightarrow B$, $g : B \rightarrow K$, tem-se: $g \circ f : A \rightarrow K$ então

$$F''(f) : F'(A) \rightarrow F'(B), F''(g) : F'(B) \rightarrow F'(K) \text{ e } F''(g \circ f) : F'(A) \rightarrow F'(K).$$

Assim,

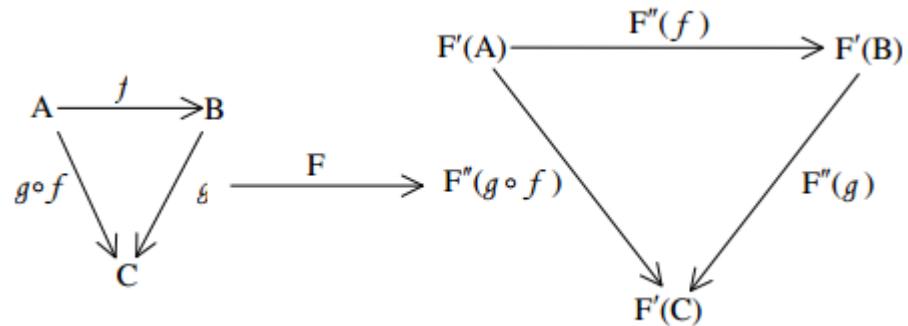
$$F''(g \circ f)(F'(A)) = F'(K) = F''(g)(F'(B)) = F''(g)(F''(f)(F'(A))) = (F''(g) \circ F''(f))(F'(A)).$$

Portanto,

$$F''(g \circ f) = F''(g) \circ F''(f).$$

É importante destacar que um funtor covariante leva objetos em objetos, aplicações em aplicações, identidades em identidades e, preserva a comutatividade dos triângulos. A Figura 19, mostra por meio de diagramas, como se dá a passagem da categoria \mathcal{C} para a categoria \mathcal{D} , por meio de um funtor covariante F .

Figura 19 - Passagem entre categorias usando um funtor covariante F



Fonte: SILVA (2005)

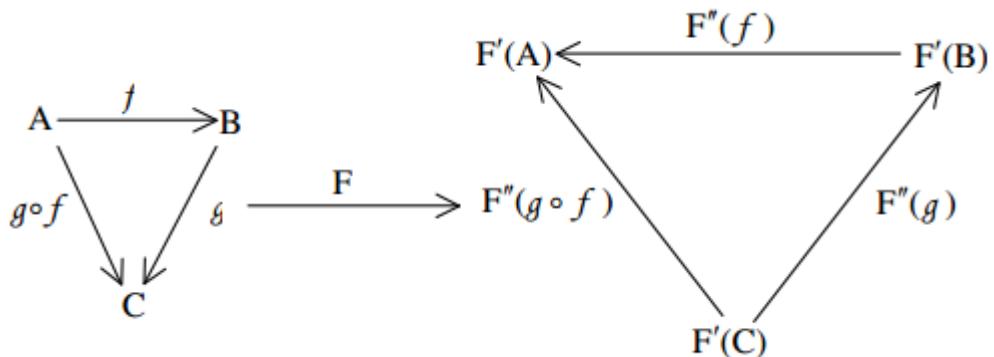
Definição: Diz-se que um par de funções $F = (F', F'')$ é um funtor contravariante de \mathcal{C} em \mathcal{D} se, e somente se,

$F' : C \rightarrow D$ e $F'' : Mor_C \rightarrow Mor_D$, tais que, $\forall A, B, K \in C$ e $\forall f : A \rightarrow B$ e $g : B \rightarrow K$, tem-se:

1. $F''(f) : F'(B) \rightarrow F'(A)$ em D ;
2. $F''(g \circ f) = F''(f) \circ F''(g)$;
3. $F''(I_A) = I_{F'(A)}$.

Vale ressaltar também que um funtor covariante também leva objetos em objetos, aplicações em aplicações, identidades em identidades e preserva a comutatividade dos triângulos, embora, todavia, inverta o sentido das setas, quando passa para a categoria D . A Figura 20 apresenta um diagrama ilustrando a aplicação do funtor contravariante.

Figura 20 - Passagem entre categorias usando um funtor contravariante F



Fonte: SILVA (2005)

Durante o texto, será comum usar apenas F em lugar de F' e F'' , visto que não causa ambiguidade. Assim, se estiver escrito $F(A)$, saber-se-á que se trata de $F'(A)$; se estiver escrito $F(f)$, saber-se-á que se trata de $F''(f)$.

2.3 Arquitetura dos Sistemas Tutores Inteligentes

O principal objetivo dos Sistemas Tutores Inteligentes é proporcionar um ensino adaptado a cada aluno, tentando se aproximar ao comportamento de um professor humano em sala de aula. Estes sistemas se baseiam em uma arquitetura composta basicamente por quatro componentes, sendo eles o modelo do aluno, o modelo do tutor (ou modelo pedagógico), o modelo do domínio e o modelo da interface (CAPUANO et al, 2000).

2.3.1 Modelo do Aluno

O modelo do aluno armazena as características individuais do aluno. Tal modelo ainda permanece o centro da pesquisa de Sistemas Tutores Inteligentes (STI) (GREENO et al, 1994). O modelo de aluno em um STI é capaz de responder ao estilo individual de aprendizagem do aluno para distribuir instruções sob medida. Embora alguns autores têm questionado o objetivo do modelo do aluno, por causa de limitações técnicas (McCALLA, 1992) ou por questões filosóficas (SACK et al, 1994), esta é ainda uma área de pesquisa ativa. Segundo Mitchell (MITCHELL; GROGONO, 1993), um STI deve modelar o mundo, o aprendiz, e a interação professor-aluno.

O modelo do aluno representa o conhecimento e as habilidades cognitivas do aluno em um dado momento. Pode ser constituído por dados estatísticos e dados dinâmicos (VICCARI, 1990) que serão de fundamental importância para o tutor poder comprovar hipóteses a respeito do aluno.

2.3.2 Modelo do Domínio

O modelo do domínio é o componente especialista do tutor, constituído pelo material instrucional, por uma sistemática geração de exemplos, pela formulação de diagnósticos e pelos processos de simulação. Contém o conhecimento sobre o domínio que se deseja ensinar ao aluno. Vários modelos de representação de conhecimento podem ser usados aqui: redes semânticas, *frames*, *scripts*, regras de produção, programação orientada a objetos, entre outras. A escolha deve recair sobre aquele método que melhor e mais facilmente atenda os requisitos de representação e manipulação do raciocínio.

O modelo de domínio, segundo McTaggart (2001), é um banco de dados organizado em conhecimentos declarativos e procedurais num domínio específico. Os sistemas especialistas (sistemas baseados em regras) e redes semânticas são duas formas para capturar o conhecimento do especialista. A forma apropriada é determinada pelo tipo e complexidade do conhecimento a ser representado. Desenvolver um modelo de domínio que forneça uma cobertura abrangente do conteúdo do material pode ser uma grande dificuldade e uma tarefa cara.

A forma na qual o modelo de domínio trabalha não é necessariamente a forma humana de resolver problemas. Os humanos não usam busca exaustiva, mas aplicam técnicas apropriadas para domínios de resolução de problemas. Novos modelos para o modelo de

domínio têm surgido que simulam a resolução humana de problemas de forma real. Esses modelos incorporam conhecimento reflexivo dos fatos, procedimentos, e qualidades que os humanos usam para estruturar sua própria representação do conhecimento (OREY; NELSON, 1993).

2.3.3 Modelo Pedagógico

Este modelo possui o conhecimento sobre as estratégias e táticas para selecioná-las em função das características do aluno. As estratégias constituem conhecimento sobre como ensinar, ou seja, sobre como gerar a partir das informações de diagnóstico, monitoração e análise, uma sequência de táticas de ensino capazes de apresentar com sucesso um determinado tópico a um determinado aluno. Segundo Breuker (1988), a maioria dos autores concorda em que uma estratégia de ensino deve definir:

1. Quando interromper? Que razões justificam interromper o curso de raciocínio ou aprendizagem do aluno?
2. O que dizer sobre seleção dos tópicos a serem apresentados, assim como sua ordenação?
3. Como dizer? Esta talvez seja a questão mais difícil. Não há soluções gerais concretas, e muitos autores apontam aqui a falta de teorias pedagógicas suficientemente detalhadas.

Um método muito utilizado pelos tutores, de um modo geral, é o chamado método socrático, em que partindo de conhecimentos que o aluno já domina, o tutor ensina através de perguntas e diálogos, levando o aluno a tirar suas próprias conclusões.

Outro modelo teórico empregado em STI é o modelo de treinamento, que emprega atividades de entretenimento, como jogos, para transmitir conceitos relacionados. A aprendizagem é uma consequência indireta da atuação nessa simulação. Utilizam-se ainda as estratégias pedagógicas de orientação e cooperação.

Um terceiro modelo surgiu com a utilização de hipertextos, em que o aluno navega numa estrutura de hipertexto e explora o conteúdo a partir de seus interesses e pré-requisitos. O documento é organizado de tal maneira que cada subdivisão lógica do assunto está ligada com o documento através de diversos tipos de ligações, possibilitando que o aluno navegue por diferentes alternativas para explorar o domínio.

O modelo de hipertexto abre excelentes perspectivas para a construção de STI, uma vez que podem abrigar, no mesmo documento, diferentes formas de representação de conhecimento. Além disto, o aluno pode trabalhar de forma mais participativa e dinâmica, podendo ser orientado no aspecto pedagógico de forma diversificada do que ocorre num STI tradicional. O aluno pode controlar dinamicamente as informações, refletindo sua lógica pessoal que pode ser diferenciada da lógica do autor do sistema. Com as atuais tecnologias de acesso em rede, pode-se pensar na possibilidade de acessos simultâneos às informações, por vários usuários, e que usam os sistemas hipermídia que podem ser vistos como ferramentas de aprendizagem, e não de ensino, dada sua natureza “informal”.

2.3.4 Modelo de Interface

Uma interface aderente é vital para o sucesso de qualquer sistema interativo, e os sistemas tutores inteligentes não constituem a exceção. Pelo contrário, pode-se dizer que a questão da interação cresce de importância nesta classe de sistemas, pois é na interação que o sistema tutor exerce duas de suas principais funções:

- A apresentação do material instrucional;
- A monitoração do progresso do aluno através da recepção de suas respostas.

Dessas duas funções, podem-se derivar alguns objetivos a serem cumpridos pelo modelo de interface:

1. É necessário evitar que o aluno entedie – ou seja, é preciso riqueza de recursos na apresentação do material instrucional;
2. É desejável que haja facilidade para troca da iniciativa de diálogo: o aluno deve poder intervir facilmente no discurso do tutor, e vice-versa;
3. O tempo de resposta deve, evidentemente, permanecer dentro de limites aceitáveis;
4. A monitoração deve ser realizada o máximo possível em *background*, para não onerar o aluno com questionários excessivos, mas respeitando também a barreira do tempo de resposta.

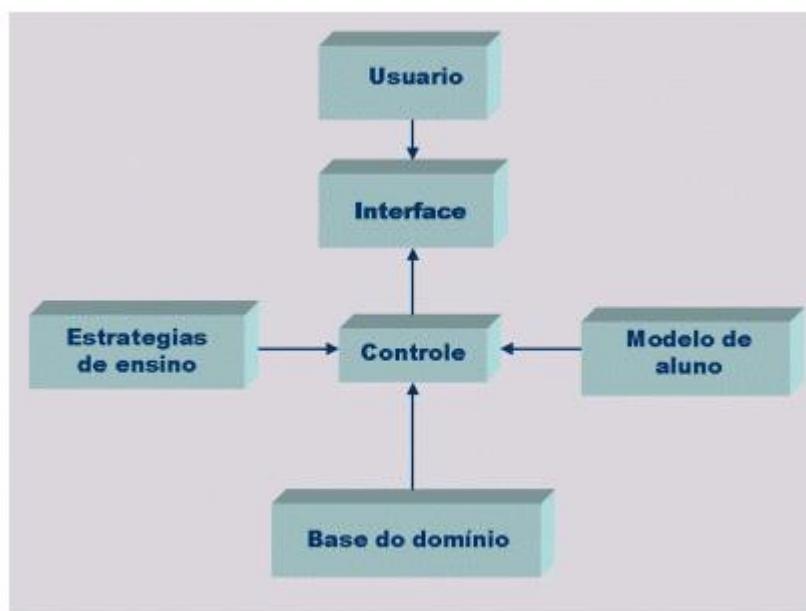
Existem muitos tipos de interface. Um estilo particular pode depender da habilidade do aprendiz e o conhecimento a ser aprendido. A interface é importante como meio de comunicação, como um ambiente de solução de problemas que dá suporte ao aluno nas

tarefas disponíveis, como uma representação externa de sistema especialista e modelos instrucionais.

A interface homem-computador ainda continua sendo uma importante área de pesquisa. Uma boa interface antecipa as ações do usuário, deve ser consistente, fornecer um alto nível de interação, e empregar a metáfora (OREY, 1993). O usuário aprende a relação da interface junto com o conteúdo, assim alguma carga cognitiva adicional deve ser mínima.

A figura 21 apresenta uma arquitetura de Sistemas Tutores Inteligentes composta dos modelos do usuário, da interface, do aluno, do domínio do conhecimento e do ensino.

Figura 21- Arquitetura de um sistema tutor inteligente



Fonte: Elaborado pelo autor

O capítulo 3 apresenta as ideias principais elaboradas e desenvolvidas que formam a base da transmissão de conhecimento por meio de funtores.

3 GERANDO APRENDIZADO POR MEIO DE FUNTORES

Há muito tempo os educadores têm utilizado de metodologias e ferramentas didáticas consagradas com o objetivo de se incrementar a motivação dos alunos nas mais diversas áreas do conhecimento. Cada metodologia possui o seu papel de destaque no processo de ensino-aprendizagem. Porém, mesmo com a utilização de todas essas metodologias e ferramentas, identifica-se um problema ao se tentar estabelecer a etapa inicial de um processo de ensino.

Assim, o processo de ensino-aprendizagem inicia-se com a seguinte pergunta: “O que e quanto se deve ensinar em uma primeira abordagem ao aluno”?

Um grande problema surge quando se tenta implementar um funtor (ASPERTI; LONGO, 1991), que neste texto será entendido como um mapeamento entre duas categorias; sendo estas categorias representadas pelo elemento professor e pelo elemento aluno. O objetivo do funtor, neste contexto, é garantir a transmissão de conhecimentos (aprendizagem) entre as categorias (professor e aluno). E para este caso, o ideal é que este conhecimento inicial seja o mais básico possível.

A solução da efetivação do aprendizado do questionamento inicial reside no fato de um aluno ter ou não a possibilidade de estabelecer um funtor (um mapeamento) entre ele e o professor. Para que isso ocorra, deve existir na categoria aluno uma subcategoria que apresente as condições básicas para que se estabeleça tal funtor, permitindo o mapeamento com a subcategoria do professor (o que se deseja ensinar). Essas condições básicas são compostas por objetos (conteúdos e conceitos que se deseja transmitir) e morfismos (técnicas e métodos referentes aos objetos) necessários para a transmissão e manipulação do conhecimento que se pretende adquirir.

Relacionar funtores com Diagramas Estruturados de Conhecimento (Mapas de Conhecimentos) (LIMA et al., 2013) significa poder criar raios de conhecimentos progressivos de tal forma que a subcategoria do aluno seja atualizada com os mínimos conhecimentos necessários (objetos e morfismos) para que o funtor aprendizado se estabeleça. Ao se avançar com pequenos raios e preenchendo a área da ignorância, as subclasses sempre estarão factíveis de se permitir ao aluno assimilar novos conhecimentos, isto é, estabelecer os funtores que garantam formalmente que o resultado desta ação seja possível.

Desta forma, o Diagrama Estruturado de Conhecimento passa a ser um equalizador de categorias. Ao se propor um novo conhecimento, afloram-se novas ignorâncias que são os objetos e morfismos necessários para complementar os conhecimentos pré-existentes, criando uma subcategoria viável à aplicação de um novo funtor que efetive o novo conhecimento.

Portanto, a identificação das subcategorias passa a ser um item fundamental na transmissão do conhecimento do professor para o aluno. A transferência do conhecimento só será atingida quando o aluno possuir uma subcategoria com objetos e morfismos mínimos estabelecidos pelo professor, como uma base sólida para que o funtor se estabeleça entre o aluno e o professor, e, consequentemente permitindo a efetivação do aprendizado.

Deve-se ressaltar que esta modelagem assegura que no primeiro conhecimento a ser transmitido ao aluno, a área de pré-conhecimentos seja zero, isto é, para transmitir o conhecimento desejado ao aluno basta eliminar suas dúvidas conceituais, as quais, junto com outros conceitos apresentados pelo professor, comporão solidamente o conhecimento que se deseja transmitir.

Durante o processo de inferência dos objetos e morfismos necessários à criação e complementação da subcategoria básica, o aluno, como sendo o maior interessado na aplicação, poderá elencar as inteligências múltiplas (GARDNER, 1985) necessárias e mais efetivas a cada conhecimento novo.

Apesar da grande aplicabilidade do ensino por meio das Inteligências Múltiplas, deve-se observar com mais acuidade que nem sempre uma inteligência identificada auxilia no aprendizado, mesmo quando a inteligência está focada na mesma área do conhecimento, como, por exemplo, a inteligência musical. Quando se aplica este tipo de teste, percebe-se que quase todos os candidatos possuem inteligência musical, o que leva a se acreditar que todo mundo pode aprender sobre determinado assunto ouvindo uma música de fundo. Isto não é verdade. Por gostar tanto de música, algumas pessoas até divagam e não prestam atenção ao que está sendo ensinado.

Com respeito ao tipo de aprendizado e aos meios em que se encontram os alunos motivados a aprender, é importante ressaltar uma das pesquisas de McLuhan (1967). Por meio desta é possível perceber que cada tipo de estudo ou trabalho está diretamente relacionado com o meio físico no qual o processo está sendo efetivado. O estudo em sala de

aula, por exemplo, se caracteriza por ser um meio frio, isto é, de baixa definição, pois muito pouco é fornecido e muita coisa deve ser preenchida pelo ouvinte. Ao passo que a música se caracteriza por ser um meio quente, ou seja, de alta definição onde tende a ser ressaltado o envolvimento emocional, intuitivo e aural. Com a identificação de ambos os meios é possível concluir que ambos não se complementam.

A despeito dos conceitos sobre Meios Quentes e Meios Frios (MCLUHAN, 1967), é importante relacioná-lo com o que acontece na atualidade, onde se podem perceber adolescentes que não conseguem realizar tarefa alguma sem uma música de fundo. Mas, na realidade, essas pessoas que procedem desta forma conseguem realmente absorver conceitos lógicos e matemáticos ou só estão praticando memorização sem cognição?

Estudos feitos por Serger e Miller (2010) provam que pouco ou nada se aprende com a inserção de música, animações e outros recursos que tornam o meio mais quente. Não se pode concentrar em mais de uma atividade ao mesmo tempo. O que acontece é que o cérebro muda de foco de uma atividade para a outra com uma velocidade espantosa. Por meio dos estudos feitos por Serger e Miller (2010) e McLuhan (1967) pode-se sugerir que o meio seja o mais frio possível em processos cognitivos, e, por outro lado, o mais quente possível nos processos onde a velocidade de ação é mais desejada do que o raciocínio sobre ela (como nos casos dos jogos e esportes).

A ideia contida nos Diagramas Estruturados de Conhecimento é oferecer uma alternativa à sedimentação e memorização progressiva dos assuntos que se deseja aprender. A teoria sobre mapas mentais (BUZAN; BUZAN, 1996) explica o porquê de um gráfico ou uma figura ficar mais tempo na memória do que um texto e, a partir deste ponto, os mapas mentais acabam funcionando não só porque o lado direito está menos sobrecarregado, mas sim devido aos textos serem processados sequencialmente pelo cérebro, enquanto as imagens são processadas em paralelo, como um todo. Ou seja, uma informação memorizada se liga a várias outras, disponibilizando informações correlatas ou complementares que auxiliam no resgate e memorização de outras informações. Neste contexto, o ato de se lembrar de uma imagem (memória visual) acaba se tornando um processo bem mais rápido, pode-se dizer até mais simples, para o cérebro processar, quanto lembrar-se de determinada informação textual (memória semântica) (IZQUIERDO, 2010). O processo de extração do conteúdo, mesmo textual, dentro de um gráfico ou figura, quando realizado pelo lado

esquerdo junto com o lado direito do cérebro, portanto, é um processo com mais chances de sucesso.

No Brasil, a aplicação de mapas mentais tem sido muito utilizada nos processos de memorização do conhecimento recebido e no registro inteligente de assuntos estudados, principalmente em provas de concursos (DOUGLAS, 2012). Isto é, servem não somente para “decorar” determinado assunto, como, também, para auxiliar em revisões que demandam um tempo muito curto sobre assuntos já compreendidos, em forma de resumos que sintetizam o entendimento de conteúdos já explanados de forma prática. Este tipo de estudo torna-se potencialmente relevante quando o aluno precisa estudar na maior parte do tempo sozinho.

Diante de diversos métodos e ferramentas utilizados no ensino, vale ressaltar a importância de se fixar o conhecimento trabalhado. Uma relação, que será apresentada mais adiante, de um reforço conceitual em intervalos de tempo, em dias, de 2^n , garante que o conhecimento adquirido fique memorizado pelo aluno enquanto o mesmo não tiver algum problema ou doença que impossibilite o cérebro desta capacidade. Utilizando esta metodologia, a memorização torna-se longa e eficaz, conforme demonstrado em material presente no apêndice.

Assim, utilizando uma ferramenta de memorização denominada Método de Memorização Permanente do Aprendizado: 2^n (proposto neste trabalho), por meio de figuras e de mapas mentais, consegue-se recuperar informações que muitas vezes, aparentemente, estavam perdidas. Como uma figura traz um contexto lógico, que é o caso dos Diagramas Estruturados de Conhecimento, fica mais factível ao cérebro recuperar e inferir por meio de processos cognitivos a informação que faltava. Assim sendo, os ganhos utilizando um mapa mental (lado direito do cérebro) junto com o descritivo textual (lado esquerdo do cérebro), representam avanços significativos no processo de memorização e aprendizado.

Concluindo, o diagrama proposto neste trabalho formaliza e estipula uma estrutura para que se possa garantir qual o contexto atual em que no diagrama, um novo conhecimento já deve estar consolidado, antes que um aluno possa iniciar a aquisição do mesmo. Este processo permite aos Diagramas Estruturados de Conhecimento diferenciar a falta de um conhecimento básico referente a um novo conhecimento necessário, da falta de conceitos e/ou definições necessárias para a consolidação de um novo conhecimento.

3.1 O Binômio Ensino-Aprendizagem

3.1.1 O Problema Inicial e Fundamental ao se Ensinar

Pode-se mencionar que qualquer processo de ensino que visa transmitir ao aluno ou aprendiz, um conhecimento ou habilidade que o torne competente para realizar tarefas específicas no domínio abordado, deve-se iniciar pelo conhecimento prévio do professor/instrutor de estar ou não o aluno/aprendiz interessado ou motivado em se submeter a este processo de aprender.

3.1.2 Satisfação: A Motivação Positiva

Uma aprendizagem deve ser significativa, isto é, deve ser algo significante, pleno de sentido, experiencial, para a pessoa que aprende. [...] Rogers caracterizou a aprendizagem significativa como auto-iniciada, penetrante, avaliada pelo educando e marcada pelo desenvolvimento pessoal. (GOULART, 2000)

Analizando várias pesquisas divulgadas tanto em mídia digital, quanto também em algumas clássicas (COSME, MACIEL, 2005; SILVA, TOMAZ, 2006), conclui-se que o interesse em aprender é um problema em aberto que ainda carece de estudos que venham minimizá-lo. Já a motivação para aprender, mesmo quando não existe o interesse, faz com que cada professor e/ou instrutor aplique uma receita própria. A motivação é alcançada por professores e instrutores ao se utilizarem estratégias de recompensas, bem como demonstrado por Skinner (1958), por meio de condicionamento, como ensinado por Pavlov (1927) e/ou bem como pela preocupação do aprendiz/aluno com o fantasma da reprovação. Já nas empresas, outros mecanismos são somados aos citados, tais como a ameaça concreta da demissão daqueles que não obtiverem o aprendizado mínimo necessário pré-estabelecido pelos empregadores ou, mesmo pela expectativa de melhores cargos e salários.

3.1.3 Conhecimento Versus Ignorância

A forma abordada neste trabalho para despertar a automotivação no aluno/aprendiz, é, portanto, a satisfação. Uma pessoa satisfeita é mais factível de ser motivada a realizar uma determinada tarefa. Isto leva a alguns questionamentos:

- Mas, o que é satisfação?
- Quanto mais conhecimento a pessoa tiver, maior será sua satisfação?

Pode-se destacar que em uma aula, tanto o excesso quanto a falta de informação não trazem satisfação, pelo contrário, podem ocasionar aos alunos o sentimento de frustração. E este sentimento acontece, algumas vezes, mesmo quando o professor se encontra preparado para o ensino e de posse de conhecimentos metodológicos e ferramentas adequadas para a atividade de ensinar. Esta afirmação leva a mais um questionamento:

- Ignorância traz satisfação?

Estas são questões relevantes para a compreensão da primeira estratégia singular que será agregada à metodologia de ensino deste trabalho. Tanto conhecimento quanto ignorância são relevantes no processo de satisfação, e, consequentemente, da motivação.

Desta forma, o que acontece quando mesmo havendo motivação, não há aprendizagem? E como explicar que mesmo havendo motivação, o aprendizado não é alcançado quando se aplicam as metodologias e ferramentas clássicas atuais, tuteladas por filosofias consistentes, como a de Platão e Piaget (GOULART, 2001) a um grupo de pessoas normais e motivadas?

Assim, dois questionamentos relevantes surgem destes exemplos e afirmações:

- Os problemas relacionados com a aprendizagem decorrem da inexistência ou falta de aplicação de metodologias e ferramentas?
- Os problemas relacionados com a aprendizagem decorrem da falta de uma filosofia direcionada a se promover e efetivar o aprendizado?

3.1.4 Efetivação do Binômio Ensino-Aprendizagem: Funtores

A resposta para estes questionamentos suscita um novo paradigma o qual, neste trabalho, está centrado na aplicação de funtores (ASPERTI; LONGO, 1991). O uso de funtores, como será demonstrado, é fundamental para que haja um mapeamento entre categorias representadas pelos professor/instrutor e aluno/aprendiz. Esta possibilidade de se realizar tal mapeamento é fundamental para a efetivação do binômio ensino-aprendizagem.

O uso de funtores estabelece uma prova matemática, portanto formal, de que é possível dotar o aluno de uma automotivação positiva, o que evita as estratégias motivacionais negativistas ou punitivas, as quais são focadas em condições impostas pelo instrutor/professor. Isto permite uma análise da solução focada apenas na lógica e na razão,

evitando que opiniões pessoais, mesmo que bem intencionadas, tornem o paradigma proposto obscuro, o que não é o caso.

Para que um aluno possa aprender, deve-se extrair dos conceitos da república de Platão (CORVISIERI, 2004) uma aplicação para o ensino, e conclui-se que é necessário que haja um equilíbrio de informações no entorno de determinado assunto para que o professor possa transmitir conhecimentos que sejam assimilados pelo aluno. Pode-se exemplificar tal assertiva ao se tentar ensinar soma de vetores a um aluno/aprendiz sem que o mesmo tenha conhecimentos que envolvam trigonometria, grandezas escalares e vetoriais, etc.

Da teoria de funtores (ASPERTI; LONGO, 1991), tem-se que para se implementar um funtor entre duas categorias, deve-se cumprir a exigência mínima de que as duas categorias possuam objetos e morfismos equivalentes. Assim, no processo de ensino e aprendizagem, tomando-se duas categorias representadas por um professor e um aluno ou por um instrutor e seu aprendiz, estas categorias devem possuir os conceitos e ferramentas básicos (similares ou equivalentes) necessários para a absorção do novo conhecimento que se deseja transmitir ao aluno/aprendiz.

Desta forma, o novo conhecimento (estabelecido pelo funtor) trabalhará os conceitos e ferramentas já de posse do aprendiz (objetos), bem como o domínio do uso de tais ferramentas básicas (morfismos). Se na categoria do aluno/aprendiz, faltar um objeto (desconhecer um conceito) ou um morfismo (saber manipular os objetos), a aplicação do funtor (transmissão do novo conhecimento), fracassa.

Um funtor, de uma forma mais simplificada, representa, portanto, os meios ou condições pelos quais se permite a um professor levar seus conhecimentos e métodos aos alunos. Este mapeamento é seguido de uma transferência de conhecimento (funtor) daquilo que se quer ensinar, e daquilo que se quer que o aluno aprenda.

Surge, portanto, a pergunta fundamental que este trabalho pretende esclarecer e, formalizar uma resposta eficiente e incontestável ao problema.

- Como garantir que um aluno ou aprendiz hábil e competente assimile os novos conhecimentos a ele ministrados? Ou seja, como garantir o aprendizado a tais alunos/aprendizes?

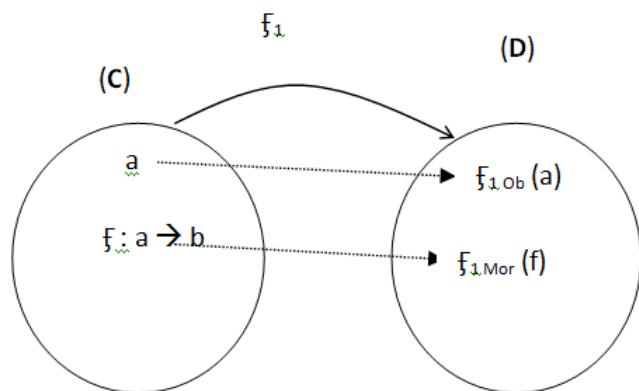
A resposta disto é:

-A categoria professor/instrutor, antes de ministrar o conhecimento, deve dotar a categoria aluno/aprendiz dos objetos e morfismos fundamentais para que o aluno/aprendiz possa entender e manipular o novo conhecimento. Feito isto, o professor/instrutor terá estabelecido uma subcategoria que deverá possuir todas as propriedades exigidas para que um funtor se estabeleça entre as subcategorias, permitindo um mapeamento entre elas. O funtor mapeia estas subcategorias, dotando o aluno/aprendiz do novo conhecimento. Este funtor, com o respectivo mapeamento, é que garante, portanto, que o aprendizado se estabeleça.

O parágrafo anterior pode também ser aplicado, apresentando uma boa aderência em ambientes de EAD na geração automática de sequenciamento de conteúdo através do estabelecimento de pré-requisitos entre conceitos.

De maneira a se identificar melhor os componentes teóricos presentes em um diagrama composto, toma-se como referência a Figura 22. Destacam-se nesse diagrama as categorias (C e D), os funtores (\mathfrak{F}_1), os objetos(a e b) e os morfismos ($\mathfrak{F}_{1\text{Mor}}$), onde cada conteúdo (objeto) presente na categoria C (professor/instrutor) representa o conhecimento necessário para se ensinar determinado assunto aos alunos. Cada morfismo ($\mathfrak{F}_{1\text{Mor}}$) ligando a categoria do professor ao do Aluno/aprendiz (Categoria D) representa a forma ou o método de se trabalhar esse conteúdo. Desta forma, só é levado da categoria do professor (C) à categoria do aluno (D) aqueles conceitos que realmente tenham alguma relação com o conteúdo a ser ensinado e, os métodos que sejam mais adequados ou aderentes ao ensino dos conceitos.

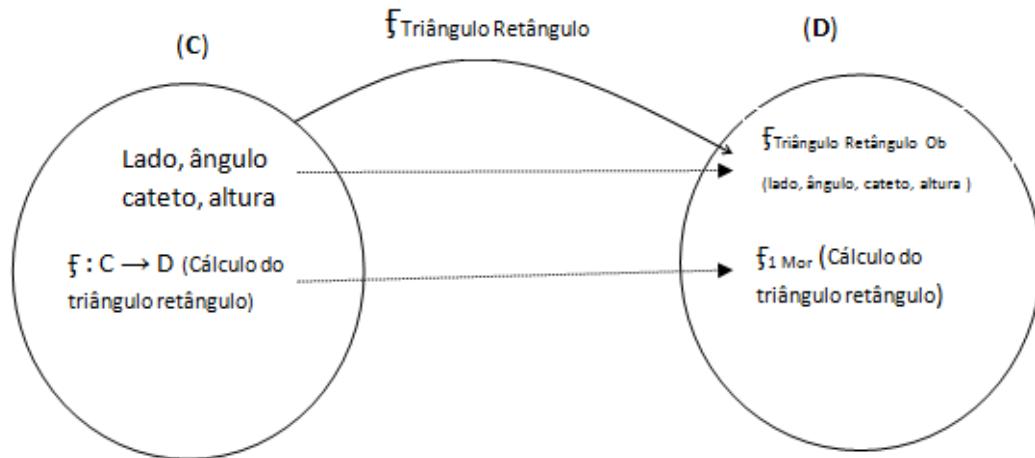
Figura 22 - Diagrama de Categorias, Funtores, Objetos e Morfismos



Fonte: Elaborado pelo autor

Um exemplo prático que aborde o diagrama apresentado na Figura 22 pode ser visto na Figura 23.

Figura 23 - Mapeamento dos objetos e morfismos por meio de funtores



Fonte: Elaborado pelo autor

Nesta Figura 23, tem-se um diagrama com os componentes pertencentes à teoria de trigonometria. O foco da aprendizagem neste diagrama está na transmissão de conhecimento relativo ao assunto sobre triângulos retângulos. É apresentado um mapeamento dos objetos (conteúdos) necessários para a aprendizagem dos alunos. Como mostrado na teoria, parte-se sempre do professor para o aluno. Neste mapeamento, indicado pelo funtor “triângulo retângulo”, os objetos são discriminados por (lado, ângulo, cateto e altura), os morfismos são discriminados por (cálculo do triângulo retângulo) e o funtor é representado por ($\xi_{Triângulo\ Retângulo}$).

A estrutura mostrada pela Figura 23 também pode ser aplicada em um ambiente de EAD com a possibilidade de recomendação automática de objetos de aprendizagem para atingir os objetivos de aprendizagem específicos de cada aluno. Tal configuração caracteriza-se por representar um ambiente adaptativo e inteligente para EAD.

Com base no diagrama apresentado pela Figura 23, uma pergunta fundamental surge:

- Como iniciar o processo de transmissão dos conhecimentos?

As respostas a este novo questionamento são:

- 1- As dúvidas, conceitos errados e ignorâncias representam os empecilhos à formação da subcategoria. O conhecimento de tais elementos, é fundamental para

que se possa filtrá-las, eliminá-las da categoria aluno/aprendiz e estabelecer, assim, o funtor desejado. Mas isto deve ser feito restringindo-se ao máximo ao contexto do novo conhecimento. Não se pode ter a pretensão de se conseguir responder e ensinar sobre a base de todo o conhecimento do mundo, nem mesmo de apenas um.

- 2- Após solucionar o problema do item 1, deve-se iniciar a transmissão do conhecimento pelo estabelecimento de funtores com conhecimentos pontuais que exijam da categoria aluno a menor quantidade de objetos e morfismos possíveis. Assim, a cada funtor e a cada conhecimento, deve-se dotar, previamente, na categoria aluno, dos objetos (conhecimentos e ferramentas) e morfismos (manipulação dos objetos pelas ferramentas) que serão mapeados pelo funtor do conhecimento novo. Ao se fazer isto, ou seja, ao se criar uma subcategoria que possua todas as propriedades exigidas pelos funtores para se estabelecerem, os novos conhecimentos estarão prontos para serem transmitidos.
- 3- Deve-se evitar o excesso de inserção de objetos e morfismos que possam vir a confundir o aluno/aprendiz, ou seja, colocar objetos e morfismos não pertencentes a um contexto, em uma subcategoria. Isto causaria uma tentativa por parte do aprendiz de tentar anexá-los ao funtor que se estabelecerá na transmissão do novo conhecimento. Assim, os excessos de objetos e morfismos são tão indesejáveis quanto à falta.

Outra pergunta surge destas observações e questionamentos:

- Como criar a primeira subcategoria e as subsequentes, com o mínimo de objetos e morfismos, de tal forma que se possa criar um funtor entre elas, sem desmotivar, desinteressar ou gerar conflitos para o aluno/aprendiz?

A resposta, em primeiro lugar, é identificar subcategorias que possuam o mínimo de conflitos, dúvidas, conceitos errados e ignorâncias, os quais, sem dúvida, serão barreiras para que se possam cumprir as condições exigidas para que um funtor se estabeleça entre elas.

Em segundo lugar, uma vez identificada a subcategoria inicial, normalmente precedida no ensino atual, por educadores, por um nivelamento e alinhamento entre os alunos aprendizes, a resposta está no uso de uma nova e singular ferramenta, proposta neste

trabalho, a qual pode ser agregada às metodologias e filosofias de aprendizado existentes, ou seja: O Raio do Conhecimento e a Área da Ignorância.

A seção 3.2 apresenta a demonstração matemática responsável pela formalização dos funtores em um ambiente de transmissão do conhecimento educacional. Tal formalização só é factível, uma vez que se pode modelar uma pessoa como sendo uma categoria. A demonstração é composta por duas partes, um modelo referente à composição de funtores em uma sequência direta e, um modelo referente à transitividade composta de funtores.

3.2 Demonstrações Matemáticas da Composição de Funtores

3.2.1 Categorias Individuais: Professor/Instrutor e Aluno/Aprendiz

Para que uma pessoa seja classificada como categoria (professor/Instrutor e aluno/Aprendiz), a mesma precisa satisfazer 5 condições:

1. Ser ou possuir uma coleção de objetos.

Neste trabalho, os objetos são classificados como sendo informações pertencentes ao domínio de determinado profissional do ensino. São informações pertencentes ao contexto de algo que se quer ensinar ou aprender. E esta relação permite fazer a analogia entre objetos e a informação presente no conhecimento do professor, ou mesmo a informação inicial presente no aluno, ou ainda a informação que se deseja transmitir ao aluno.

2. Ser ou possuir uma coleção de morfismos.

Este trabalho apresenta o conceito de morfismos como sendo a metodologia utilizada para se realizar determinado processo, ou seja, o morfismo é representado pela expressão “**como fazer determinada tarefa**”. Diante desta constatação é possível fazer a analogia entre morfismo e os métodos utilizados por professores para se realizar determinada tarefa. Da mesma forma, esses métodos podem ser transmitidos aos alunos e/ou serem aplicados pelos mesmos para resolver determinado processo.

3. Poder realizar as operações de Domínio e Contradomínio.

Os objetos de uma categoria *A* se relacionam com os objetos de uma categoria *B* por meio de uma lei de formação (morfismo). Aos objetos desta categoria *A* chama-se domínio. Aos objetos da categoria *B* chama-se contradomínio. Pode-se fazer uma analogia onde os objetos da categoria *A* representam os conhecimentos do professor e os objetos da categoria *B* representam os conhecimentos do aluno. A lei de

formação que permite relacionar os objetos da categoria A (professor) com os objetos da categoria B (aluno) é dita morfismo.

4. Poder realizar a operação identidade.

Uma operação identidade é uma operação que leva um objeto a um morfismo. A operação de um objeto a um morfismo garante que o resultado desta operação permaneça sem alteração, isto é, o morfismo permanece sem alteração. Teoricamente, esta operação acaba tendo um papel puramente técnico. Em uma analogia com o processo de ensino, uma operação identidade resultaria em se manter um morfismo (**como realizar determinada tarefa**) em seu estado inicial, ou seja, a metodologia de uma determinada tarefa não sofre alteração.

5. Poder realizar a operação de composição.

As categorias podem corresponder a uma lei de proporcionalidade entre grandezas. A operação de composição é utilizada quando é possível relacionar mais de duas grandezas por meio de um mesmo funtor. Em um processo de ensino, a possibilidade de se “quebrar” determinada tarefa em finitos passos, corresponde a uma operação de composição. Por exemplo, o cálculo de uma equação quadrática pode ser feita desmembrando-se a equação em duas partes, onde a primeira operação corresponde ao cálculo do *Delta(Discriminante)*, e a segunda operação corresponde ao cálculo dos *coeficientes reais*. As variáveis e os elementos da equação podem ser considerados como sendo os objetos, e a metodologia do cálculo do *Delta(Discriminante)* e do cálculo dos *coeficientes reais* são considerados os morfismos. A explanação desta quinta condição permite concluir que uma pessoa pode ser classificada como uma categoria.

Agora, pode-se demonstrar a transmissão formal de conhecimento entre categorias. Esta demonstração possui o objetivo de formalizar a composição de objetos e morfismos de uma categoria para outra. E é justamente esta demonstração que permite afirmar que conhecimentos e métodos podem ser transmitidos de uma categoria para outra preservando os estados dos objetos em instâncias diferentes.

3.2.2 Demonstração da Composição de Funtors em uma Sequência Direta

Definição: Uma *categoria C* é:

- Uma coleção Ob_c de objetos, denotados por $a, b, c, \dots, A, B, C, \dots$
- Uma coleção Mor_c de morfismos, denotados por f, g, h, \dots
- Duas operações: **dom** e **cod**, onde:

- **dom** representa o domínio, isto é,

dom: $\text{Mor}_c \rightarrow \text{Ob}_c$

$$f \rightarrow \mathbf{dom} f$$

- **cod** representa o contradomínio, isto é,

cod: $\text{Mor}_c \rightarrow \text{Ob}_c$

$$f \rightarrow \mathbf{cod} f$$

- Uma operação identidade **ID**, onde:

ID: $\text{Ob}_c \rightarrow \text{Mor}_c$

$$b \rightarrow \mathbf{ID}(b) = \text{id}_b$$

e id_b satisfaz $\mathbf{dom}(\text{id}_b) = \mathbf{cod}(\text{id}_b) = b$

- Uma operação **composição** “ \circ ” dada por:

Para f e g morfismos com $\mathbf{dom}(f) = \mathbf{cod}(g)$ associa-se o morfismo $f \circ g$ tal que $\mathbf{dom}(f \circ g) = \mathbf{dom}(g)$ e $\mathbf{cod}(f \circ g) = \mathbf{cod}(f)$.

Identidade e Composição satisfazem as seguintes propriedades:

- Lei da Identidade: Dados $f, g \in \text{Mor}_c$ tais que $\mathbf{cod}(f) = b = \mathbf{dom}(g)$.

Por exemplo, $\text{id}_b \circ f = f$ e $g \circ \text{id}_b = g$.

- Lei da Associatividade: Dados $f, g, h \in \text{Mor}_c$ tais que $\mathbf{dom}(f) = \mathbf{cod}(g)$ e $\mathbf{dom}(g) = \mathbf{cod}(h)$, temos:

$$(f \circ g) \circ h = f \circ (g \circ h)$$

Observação: Notação de $f: a \rightarrow b$ onde:

$$a = \mathbf{dom}(f)$$

$$b = \mathbf{cod}(f)$$

Definição: Sejam **C** e **D** categorias. Um *funtor* $\mathbb{F}: \mathbf{C} \rightarrow \mathbf{D}$ é um par de operações $\mathbb{F}_{\text{Ob}}: \text{Ob}_c \rightarrow \text{Ob}_d$ e $\mathbb{F}_{\text{Mor}}: \text{Mor}_c \rightarrow \text{Mor}_d$ tais que, para $f: a \rightarrow b$; $g: b \rightarrow c$, $f, g \in \text{Mor}_c$ (denotando por “ \circ ” e “ Δ ” as operações de composição em **C** e **D**, respectivamente) temos as seguintes propriedades:

1. $\mathbb{F}_{\text{Mor}}(f): \mathbb{F}_{\text{Ob}}(a) \rightarrow \mathbb{F}_{\text{Ob}}(b)$
2. $\mathbb{F}_{\text{Mor}}(g \circ f): \mathbb{F}_{\text{Mor}}(g) \Delta \mathbb{F}_{\text{Mor}}(f)$
3. $\mathbb{F}_{\text{Mor}}(\text{id}_a) = \text{id}_{\mathbb{F}_{\text{Ob}}(a)}$

Observação:

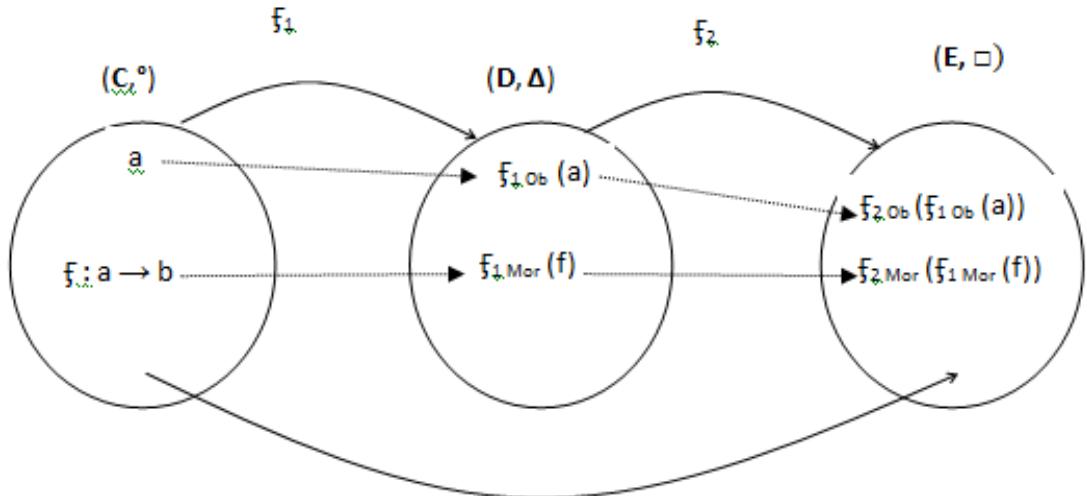
$$\mathbb{F}_{\text{Ob}}: \text{Ob}_c \rightarrow \text{Ob}_d$$

$$a \rightarrow \mathbb{F}_{\text{Ob}}(a)$$

3.2.3 Problema 1: Composição de Funtores em uma Sequência Direta

Esta primeira demonstração faz referência a um mapeamento direto na transmissão de conhecimentos entre duas categorias. As duas categorias podem ser representadas por duas pessoas, como por exemplo, a categoria C sendo um professor e a categoria D e E sendo representada por alunos. A ideia que permeia essa relação é a da possibilidade de se levar os objetos do professor, neste caso representado pela letra a aos alunos, assim como também os morfismos representados pela expressão $a \rightarrow b$. Havendo a possibilidade de mapeamento dos objetos a de C em D e do mesmo objeto a de D para E, pode-se inferir por transitividade que o objeto a de C é “levado” diretamente de C para E. Da mesma forma, os morfismos de C uma vez mapeados em D e, a partir de D serem mapeados em E, pode-se inferir por meio da transitividade apresentada na demonstração, que tal morfismo em destaque também pode ser “levado” diretamente de C para E.

Figura 24 - Diagrama de uma composição de Funtores



Fonte: Elaborado pelo autor

Dados as categorias **C**, **D** e **E** e os funtores $f_1 : C \rightarrow D$ e $f_2 : D \rightarrow E$, pode-se criar o **funtor composição** $f : C \rightarrow E$ a partir de f_1 e f_2 .

Sejam:

$f_{\text{Mor}} : \text{Mor}_C \rightarrow \text{Mor}_E$ e $f_{\text{Ob}} : \text{Ob}_C \rightarrow \text{Ob}_E$ (São os funtores que se desejam criar).

Define-se:

- $f_{\text{Mor}}(f) := f_{2\text{Mor}}(f_{1\text{Mor}}(f))$, $\forall f \in \text{Mor}_C$
- $f_{\text{Ob}}(a) := f_{2\text{Ob}}(f_{1\text{Ob}}(a))$, $\forall a \in \text{Ob}_C$ (*)

Sejam $f, g \in \text{Mor}_C$, com $f: a \rightarrow b$ e $g: b \rightarrow c$ para $a, b, c \in \text{Ob}_C$. Então,

$\mathbb{F}_{\text{Mor}}: \mathbb{F}_{\text{Ob}}(a) \rightarrow \mathbb{F}_{\text{Ob}}(b)$ ou seja $\mathbb{F}_{\text{Mor}}: \mathbb{F}_{2\text{Ob}}(\mathbb{F}_{1\text{Ob}}(a)) \rightarrow \mathbb{F}_{2\text{Ob}}(\mathbb{F}_{1\text{Ob}}(b))$

Vamos mostrar que \mathbb{F}_{Mor} preserva as propriedades de composição e identidade. Isto é,

- i. $\mathbb{F}_{\text{Mor}}(g \circ f) = \mathbb{F}_{\text{Mor}}(g) \square \mathbb{F}_{\text{Mor}}(f)$;
- ii. $\mathbb{F}_{\text{Mor}}(\text{id}_a) = \text{id}_{\mathbb{F}_{\text{Ob}}(a)}$.

Prova de i.

$\mathbb{F}_{\text{Mor}}(g \circ f) := \mathbb{F}_{2\text{Mor}}(\mathbb{F}_{1\text{Mor}}(g \circ f)) = \mathbb{F}_{2\text{Mor}}(\mathbb{F}_{1\text{Mor}}(g) \Delta \mathbb{F}_{1\text{Mor}}(f)) = \mathbb{F}_{2\text{Mor}}(\mathbb{F}_{1\text{Mor}}(g)) \square \mathbb{F}_{2\text{Mor}}(\mathbb{F}_{1\text{Mor}}(f))$.

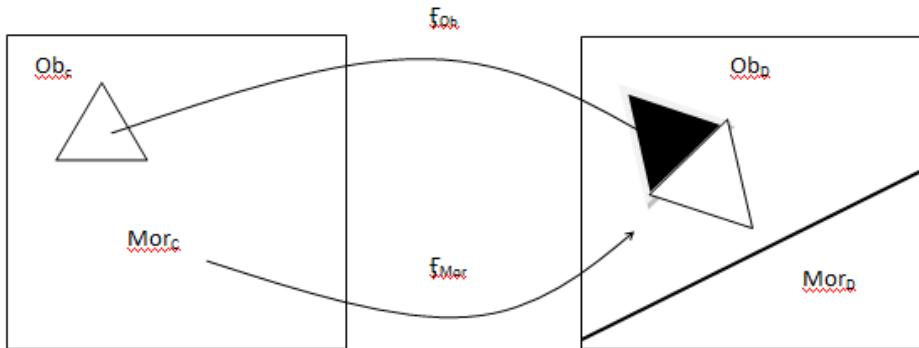
Prova de ii.

$\mathbb{F}_{\text{Mor}}(\text{id}_a) := \mathbb{F}_{2\text{Mor}}(\mathbb{F}_{1\text{Mor}}(\text{id}_a)) = \mathbb{F}_{2\text{Mor}}(\text{id}_{\mathbb{F}_{1\text{Ob}}(a)}) = \text{id}_{\mathbb{F}_{2\text{Ob}}(\mathbb{F}_{1\text{Ob}}(a))} = \text{id}_{\mathbb{F}_{\text{Ob}}(a)}$. (*)

Formalização de subcategoria dentro de uma categoria.

Sejam **C** e **D** categorias e $\mathbb{F}: \mathbf{C} \rightarrow \mathbf{D}$ (**dom** (D), **cod** (D), **id** (D)) um funtor tal que $\mathbb{D} \sqsubseteq \mathbf{D}$ cujos objetos são $\text{Ob}_{\mathbb{D}} := \mathbb{F}_{\text{Ob}}(\text{Ob}_C)$ e os morfismos são $\text{Mor}_{\mathbb{D}} := \mathbb{F}_{\text{Mor}}(\text{Mor}_C)$.

Figura 25 - Diagrama de uma subcategoria em destaque



Fonte: Elaborado pelo autor

Façamos agora a demonstração de que \mathbb{D} é de fato uma categoria.

Primeiramente, note que

$$\text{Mor}_{\mathbb{D}} \sqsubseteq \text{Mor}_D \text{ e } \text{Ob}_{\mathbb{D}} \sqsubseteq \text{Ob}_D$$

Definimos :

$$\mathbf{dom}_{\mathbb{D}}: \text{Mor}_{\mathbb{D}} \rightarrow \text{Ob}_{\mathbb{D}}$$

$$f \rightarrow \mathbf{dom}_{\mathbb{D}}(f) := \mathbf{dom}_D(f)$$

$$\mathbf{cod}_{\mathbb{D}}: \text{Mor}_{\mathbb{D}} \rightarrow \text{Ob}_{\mathbb{D}}$$

$$f \rightarrow \mathbf{cod}_{\mathbb{D}}(f) := \mathbf{cod}_D(f)$$

Define-se $ID_{\mathbb{D}} : \text{Ob}_{\mathbb{D}} \rightarrow \text{Mor}_{\mathbb{D}}$

$$b \rightarrow \text{ID}_D := \text{id}_b$$

Então, $\mathbf{dom}_{\mathbb{D}}(\mathbf{id}_b) = \mathbf{dom}_{\mathbf{D}}(\mathbf{id}_b) = b$

$$\mathbf{cod}_{\mathbb{D}}(\mathrm{id}_b) = \mathbf{cod}_{\mathbf{D}}(\mathrm{id}_b) = b$$

Como os morfismos de \underline{D} são também os morfismos de D , consideraremos a mesma composição restrita apenas aos elementos de \underline{D} .

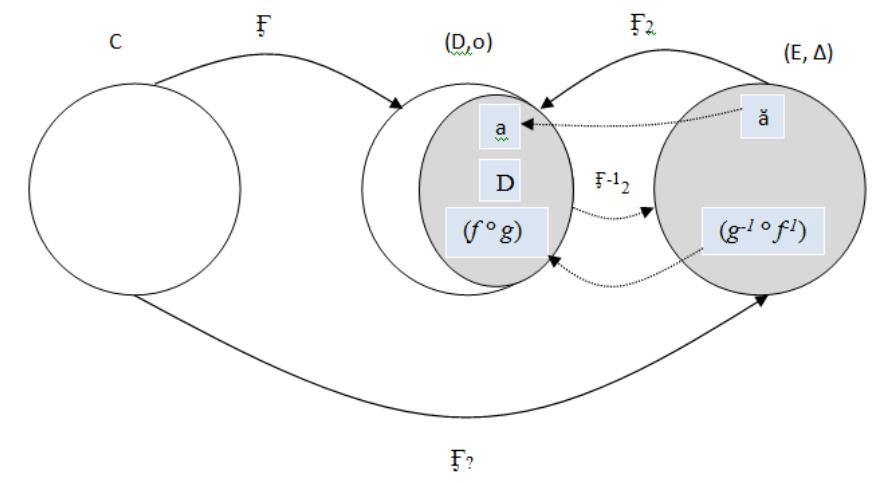
É fácil ver que as propriedades da Lei de Associatividade e a Lei da Identidade valem para D (pois já valeu para D).

Definição: A Categoria D \subseteq D criada dessa forma será chave de “Categoria Imagem de F”

3.2.4 Problema 2: Demonstração de Transitividade Composta de Funtores

Esta segunda demonstração faz referência à possibilidade de se ensinar um líder de grupo e, a partir deste ponto possibilitar que este líder de grupo ensine um determinado aluno. A categoria C, neste caso, representada pelo professor mapeia os objetos e morfismos para a categoria E, neste caso, representada pelo líder de grupo. Em uma operação contravariante, o líder de grupo mapeia os objetos e morfismos para a categoria D representada pelo aluno. Uma vez que ocorre o processo de transmissão de conhecimentos do líder de grupo para a subcategoria do aluno, tem-se uma transitividade composta de funtores equivalente a que se estivesse mapeando diretamente da categoria C (professor) para a categoria D (aluno). Um ponto diferente nesta segunda demonstração em relação à primeira demonstração está presente na utilização da operação contravariante, enquanto na primeira demonstração tem-se uma operação variante.

Figura 26 - Transitividade Composta de Funtores



Fonte: Elaborado pelo autor

Tem-se C , D e E Categorias, um Funtor $F_1 : C \rightarrow D$ e um Funtor $F_2 : E \rightarrow D$.

Se $F_{2\text{Mor}} : \text{Mor}_E \rightarrow \text{Mor}_D$ e $F_{2\text{Ob}} : \text{Ob}_E \rightarrow \text{Ob}_D$ são injetores, então existe um Funtor (que será denotado por F_2^{-1}) de D para E (“que desfaz o que F_2 fez”) onde D é a categoria imagem de F_2 .

Assim sendo,

- $F_{2\text{Mor}}$ é injetor se para $f, g \in \text{Mor}_E$ com $f \neq g$ tivermos $F_{2\text{Mor}}(f) \neq F_{2\text{Mor}}(g)$ em D .
- $F_{2\text{Ob}}$ é injetor se para $a, b \in \text{Ob}_E$ com $a \neq b$ tivermos $F_{2\text{Ob}}(a) \neq F_{2\text{Ob}}(b)$ em D .

Quem será o funtor F_2^{-1} ?

Definindo $F_2^{-1} : D \rightarrow E$,

Seja $(F_2^{-1})_{\text{Mor}} : \text{Mor}_D \rightarrow \text{Mor}_E$ e $(F_2^{-1})_{\text{Ob}} : \text{Ob}_D \rightarrow \text{Ob}_E$.

Como sendo os inversos de $F_{2\text{Mor}}$ e $F_{2\text{Ob}}$ sobre suas imagens, respectivamente; (Isto pode ser feito pois $F_{2\text{Mor}}$ e $F_{2\text{Ob}}$ são injetores).

Sejam $f, g \in \text{Mor}_D = F_{2\text{Mor}}(\text{Mor}_E)$, $f : a \rightarrow b$, $g : b \rightarrow c$, onde $a, b, c \in \text{Ob}_D$.

Como $\text{Mor}_D = F_{2\text{Mor}}(\text{Mor}_E)$, então existem $\hat{f}, \hat{g} \in \text{Mor}_E$ tais que $F_{2\text{Mor}}(\hat{f}) = f$ e $F_{2\text{Mor}}(\hat{g}) = g$.

Como $\text{Ob}_D = F_{2\text{Ob}}(\text{Ob}_E)$, então existem $\check{a}, \check{b}, \check{c} \in \text{Ob}_E$ tais que $a = F_{2\text{Ob}}(\check{a})$, $b = F_{2\text{Ob}}(\check{b})$, $c = F_{2\text{Ob}}(\check{c})$.

Assim, tem-se

$$\begin{aligned} (F_2^{-1})_{\text{Mor}}(f) : (F_2^{-1})_{\text{Ob}}(a) &\rightarrow (F_2^{-1})_{\text{Ob}}(b) \\ (F_2^{-1})_{\text{Mor}}(f) : \check{a} &\rightarrow \check{b} \\ (F_2^{-1})_{\text{Mor}}(g \bullet f) &= h \quad (\text{quem é esse } h?) \text{ tal que } (F_2)_{\text{Mor}}[(F_2^{-1})_{\text{Mor}}(g \bullet f)] = [F_2]_{\text{Mor}}(h) \\ (g \bullet f) &= (F_2)_{\text{Mor}}(h) \end{aligned}$$

Tome $h = \check{g} \Delta \hat{f}$. Daí $(F_2)_{\text{Mor}}(\check{g} \Delta \hat{f}) = (F_2)_{\text{Mor}}(\check{g}) \bullet (F_2)_{\text{Mor}}(\hat{f}) = g \bullet f$. **Observação: A proposição 2 de funtores vale para $(F_2)_{\text{Mor}}(\check{g} \Delta \hat{f})$.**

Assim, $(F_2^{-1})_{\text{Mor}}(g \bullet f) = \check{g} \Delta \hat{f} = (F_2^{-1})_{\text{Mor}}(g) \Delta (F_2^{-1})_{\text{Mor}}(f)$

- $(F_2^{-1})_{\text{Mor}}(\text{id}_a) = j$ (**quem é esse j ?**)

Esse j é tal que

$$\text{Id}_a = \mathbb{F}_{2\text{Mor}}(j).$$

Tome $j = \text{id}_{\tilde{a}}$. Daí

$\mathbb{F}_{2\text{Mor}}(j) = \mathbb{F}_{2\text{Mor}}(\text{id}_{\tilde{a}}) = \text{id}_{\mathbb{F}_{2\text{Ob}}(\tilde{a})} = \text{id}_a$. **Observação:** A proposição 3 de funtores vale para as seguintes igualdades.

Portanto, $(\mathbb{F}^{-1}_2)_{\text{Mor}}(\text{id}_a) = j = \text{id}_{\tilde{a}} = \text{id}_{(\mathbb{F}^{-1}_2)_{\text{Ob}}(a)}$

Portanto, (\mathbb{F}^{-1}_2) é funtor.

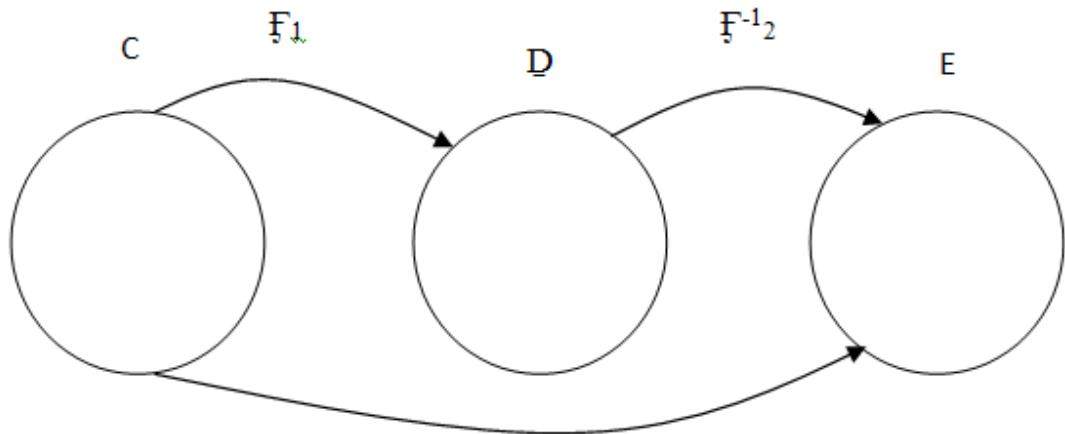
Chamar-se-á tal funtor de **Funtor Inverso de \mathbb{F}_2** .

Concluindo a situação 2, tem-se que:

- Se $\mathbb{F}_{1\text{Mor}}(\text{Mor } C) \subseteq \text{Mor } D$
- Se $\mathbb{F}_{2\text{Ob}}(\text{Ob } C) \subseteq \text{Ob } D$

Então se recai na situação (1) de acordo com o seguinte diagrama:

Figura 27 - Situação 1 de transitividade de funtores



Fonte: Elaborado pelo autor

Logo, segue da situação (1) que $\exists \mathbb{F} : C \rightarrow E$, que é o Funtor Composição de \mathbb{F}_1 e \mathbb{F}^{-1}_2 .

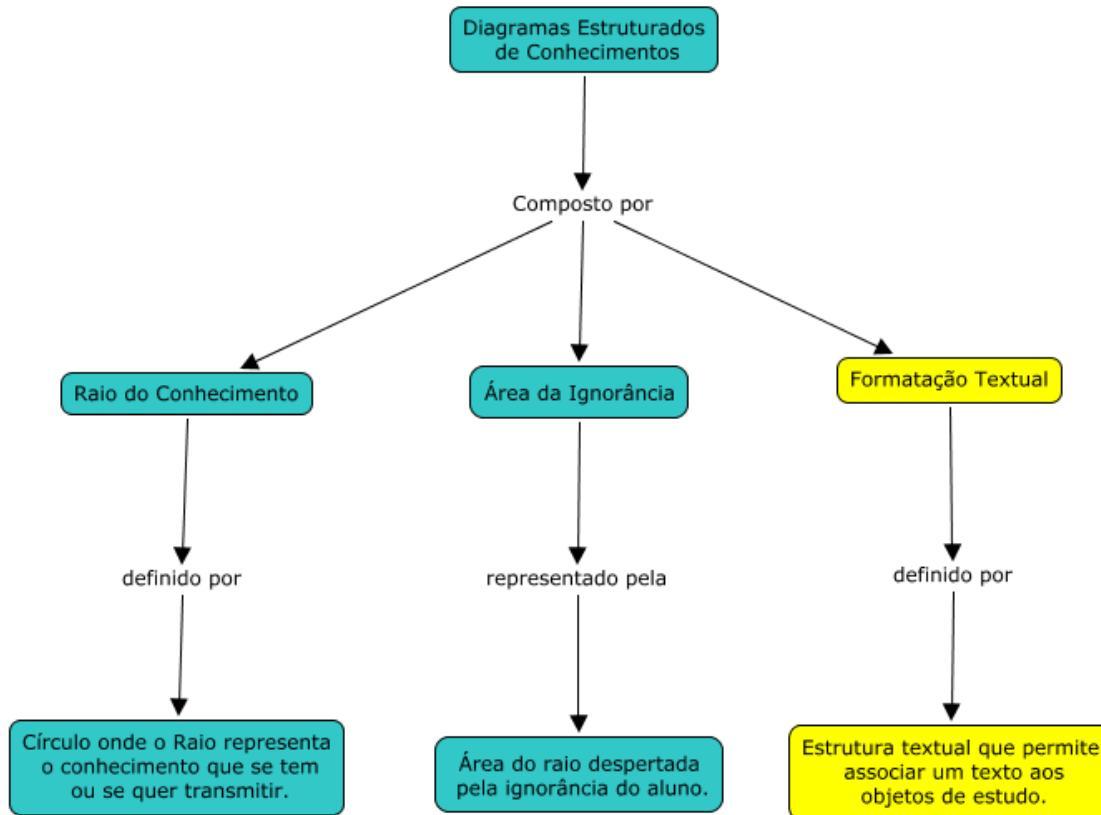
4 DIAGRAMA ESTRUTURADO DE CONHECIMENTO

A ferramenta “Raio do Conhecimento e Área da Ignorância” (Diagramas Estruturados de Conhecimento) é utilizada, no contexto deste trabalho, para dotar os alunos dos conhecimentos mínimos necessários ao aprendizado que se deseja estabelecer.

O ideal, neste contexto, seria começar a transmitir todos os conceitos e métodos a partir do zero. Mas isto é impraticável. Alguma coisa já deve ser considerada como um conhecimento consolidado do aluno, tal como saber ler, escrever, matemática fundamental, etc. Tudo depende do que se deseja ensinar e para quem, do grau de conhecimento e maturidade conceitual do mesmo. A anamnese dos envolvidos é um item fundamental neste processo. Na dúvida, parte-se do pressuposto que se deve ensinar tudo, desde o conceito mais fundamental.

A visão geral do diagrama estruturado de conhecimento pode ser vista na Figura 28.

Figura 28 - Mapa conceitual do Diagrama Estruturado de Conhecimento



Fonte: Elaborado pelo autor

Neste mapa conceitual representado pela Figura 28 pode-se observar uma divisão entre os termos presentes. Uma parte composta do raio do conhecimento e área da ignorância e

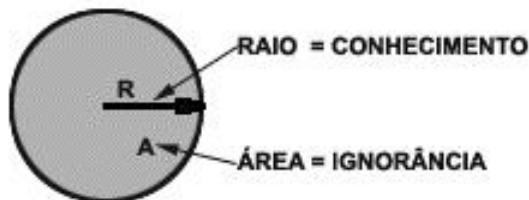
uma segunda parte composta de uma formatação textual. Ambas as partes compõem o diagrama estruturado de conhecimento, mas as suas disposições no material de ensino são separadas, conforme será explicado mais adiante.

O raio do conhecimento neste contexto é definido por um círculo onde o raio representa o conhecimento que o aluno dispõe naquele momento. A área da ignorância representa um valor equivalente à ignorância do aluno despertada pelo acréscimo de um novo conhecimento.

O Raio do conhecimento e área da ignorância estão fundamentados da seguinte forma:

1. Tem-se um círculo onde o raio representa o conhecimento que se tem ou se quer transmitir e, a área representa a ignorância que este raio desperta no aluno, conforme mostrado na Figura 29. Assim, por meio de experimentações feitas pelo autor, concluiu-se que a área da ignorância cresce mais que linearmente em relação ao raio do conhecimento apresentado. Ordens polinomiais superiores a 2 muitas vezes foram atingidas, mas na média, pode-se inferir que a área da ignorância cresce com o quadrado do raio do conhecimento, o que é aderente ao paradigma utilizado no diagrama, e, portanto, de fácil assimilação. Desta maneira, é fundamental que o primeiro conhecimento a ser transmitido tenha o menor raio possível para que se possa eliminar toda a ignorância gerada pelo mesmo. É importante ressaltar que a satisfação é proporcional à falta de ignorância e não pelo excesso de conhecimento (conclusões obtidas com as mesmas experimentações). Quanto menos dúvidas restar para uma pessoa aprender, quanto menos ignorância restar no processo ensino-aprendizagem, a respeito de um determinado assunto, mais satisfeita e realizada esta pessoa será.

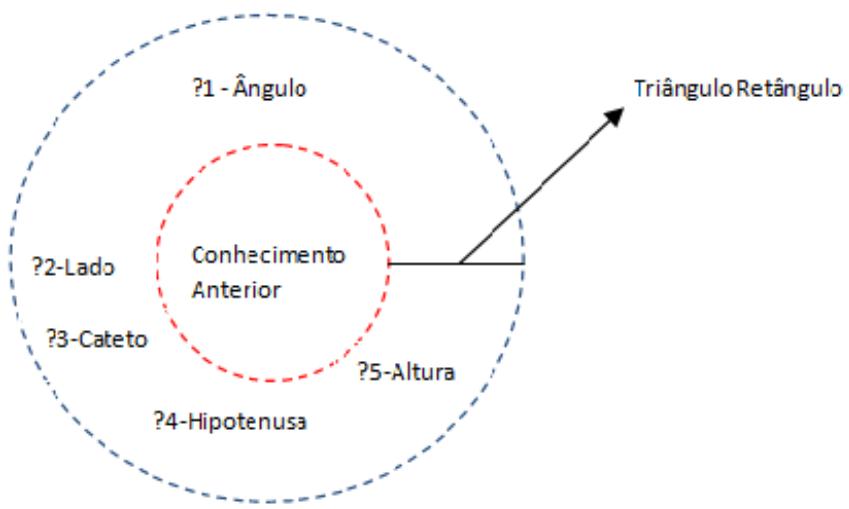
Figura 29 - Raio do conhecimento e área da ignorância inicial



Fonte: Elaborado pelo autor

2. Portanto, é fundamental iniciar o processo de ensino e transmissão de um domínio do conhecimento pelo menor raio possível, o “raio inicial do conhecimento do aluno”, o qual é representado pelo conhecimento consolidado citado no item 1 desta numeração. Este raio é aquele dentro da área do círculo onde a área inicial da ignorância não apresenta dúvidas, má informação ou informações errôneas. Esta assertiva pode ser obtida por meio da identificação, filtragem e eliminação destes ruídos, conforme já discutido neste texto. Esta é a base da utilização dos Diagramas Estruturados de Conhecimento. A partir desta base pode-se afirmar que novos conhecimentos poderão ser transmitidos às pessoas motivadas, dotadas de habilidade e competência. Nesta teoria dos Diagramas Estruturados de Conhecimento, as ignorâncias são representadas na área do círculo, internamente, por interrogações indexadas, as quais não existem na área inicial da ignorância, conforme mostrado na Figura 30.

Figura 30 - Raio do Conhecimento = Triângulo Retângulo

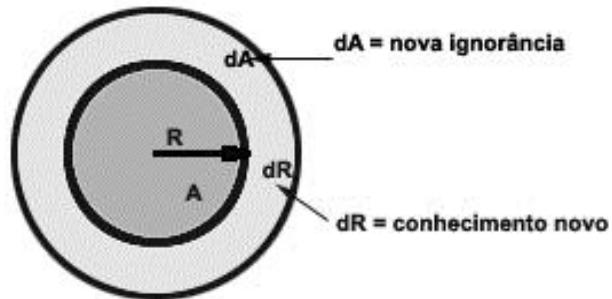


Fonte: Elaborado pelo autor

3. O uso dos Diagramas Estruturados de Conhecimento, para dotar os alunos e aprendizes de estratégias visuais que garantam a assimilação dos novos conhecimentos, prossegue identificando o menor raio de conhecimento (dR) que deve ser proposto ao aluno, de tal forma a gerar o menor acréscimo (dA) na área de sua ignorância, conforme pode ser visto na Figura 31. Eliminadas as ignorâncias, pode-se estabelecer um mapeamento entre professor e aluno para o

conhecimento a ser ensinado.

Figura 31 - Novo conhecimento implica em nova área de ignorância

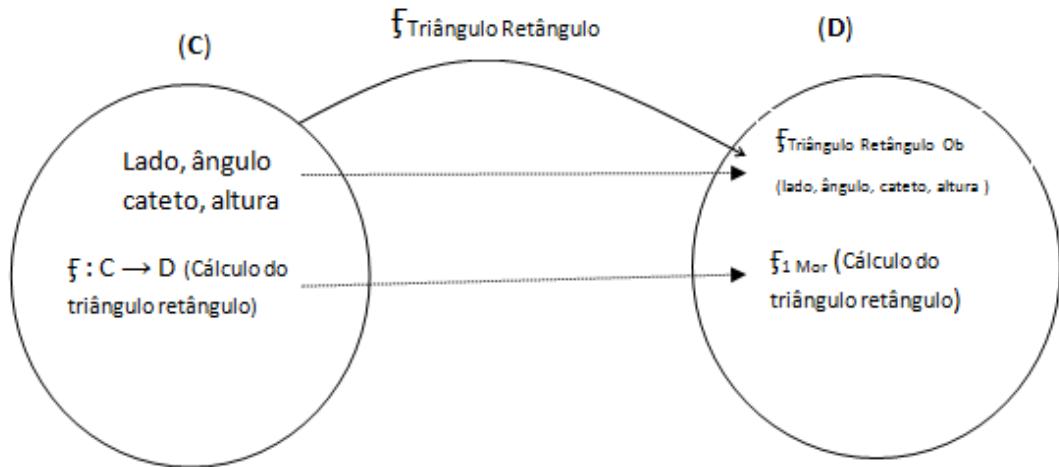


Fonte: Elaborado pelo autor

4. Destaca-se, novamente, que uma área de ignorância não eliminada causa insatisfação ao aluno, causando no mesmo desinteresse e até mesmo a desistência de adquirir o conhecimento proposto, algumas vezes até mesmo por se julgar incapaz, mesmo não sendo.
5. Desta forma, cada módulo (conhecimento novo) deve representar um incremento controlado do conhecimento a ser transmitido.
6. A partir do raio mínimo de conhecimento, os conhecimentos seguintes partem deste conhecimento inicial. A este conhecimento inicial, no Diagrama Estruturado de Conhecimento, é denominado por pré-conhecimento o qual fará parte da área de conhecimento inicial, ou seja, toda área de ignorância, em uma nova etapa, é transformada em área de conhecimento pré-adquirido e simbolizada no diagrama por um sinal de exclamação indexado.

Toma-se como exemplo, um mapeamento estabelecido entre professor e aluno com o objetivo de se ensinar triângulos retângulos, conforme mostra a Figura 32.

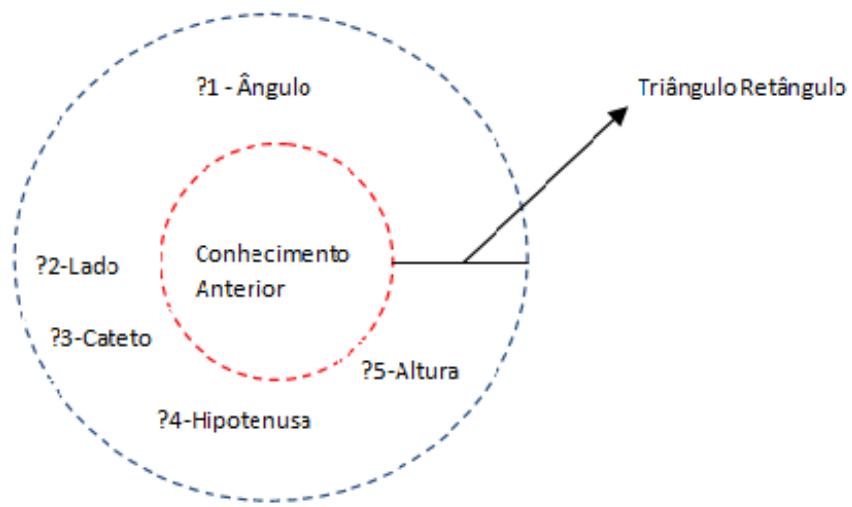
Figura 32 - Mapeamento entre professor e aluno ao se ensinar triângulos retângulos



Fonte: Elaborado pelo autor

Uma vez concretizado os conceitos e métodos sobre o assunto, pode-se elaborar o Diagrama Estruturado de Conhecimento, composto pelo raio do conhecimento e a área da ignorância, conforme visto na Figura 33.

Figura 33 - Raio do Conhecimento = Triângulo Retângulo



Fonte: Elaborado pelo autor

As Figuras 32 e 33 podem também ser aplicadas na modelagem cognitiva (ou do conhecimento) do estudante. Os trabalhos de Greeno (1994) e Mitchell (1993) apresentam um referencial teórico passível de paralelismo entre os dois assuntos.

Desta forma, inicia-se colocando uma interrogação com o nome foco da ignorância ou dúvida, sem se preocupar em conceituá-la, apenas saber que ela existe. Este diagrama tem como objetivo ativar e despertar a participação do lado direito no processo de memorização do conhecimento. Como o lado direito do cérebro está menos atarefado do que o esquerdo, a memorização de imagens é mais duradoura do que a de textos (que são processadas pelo lado esquerdo já bastante atarefado), o que facilitará o resgate das informações contidas nas mesmas (das imagens) (IZQUIERDO, 2010).

A Partir da estrutura do Raio do Conhecimento e Área da Ignorância, pode-se complementar a mesma com a formatação de um texto que permita associar a todos os elementos presentes na Figura 33, uma explicação sobre os pré-conhecimentos (grafados com exclamações indexadas), e uma explicação sobre as ignorâncias (grafadas com interrogações indexadas), tornando efetiva a participação da parte cognitiva do lado esquerdo do cérebro. A Figura 34 exemplifica um tipo de formatação textual do conhecimento presente na Figura 33. É fundamental que este texto tenha uma estrutura padrão, o que facilitará ao setor lógico do cérebro armazená-la, podendo posteriormente aplicar processos associativos entre diagramas e resgatar as informações relevantes.

Figura 34 - Formatação textual do Raio do Conhecimento e Área da Ignorância

| |
|---|
| CONHECIMENTO dR = Conhecimento = Triângulo Retângulo. Conceituação: É um triângulo que possui um ângulo de 90º. |
| PRÉ-CONHECIMENTO daP = Pré-Conhecimentos Mapas: Não tem. Conhecimento inicial. |
| IGNORÂNCIAS dA = Ignorância: Definição: ?1 – Ângulo: É a região de um plano concebida pelo encontro de duas semirretas que possuem uma origem em comum. ?2 – Lado: São representados pelas linhas que unem os vértices de um triângulo. ?3 – Cateto: São os dois menores do triângulo retângulo. ?4 – Hipotenusa: É representado pelo lado oposto ao ângulo reto. ?5 – Altura: É um segmento de reta perpendicular a um lado do triângulo ou ao seu prolongamento, traçado pelo vértice oposto. |
| REFERÊNCIAS Gelson Iezzi. Fundamentos de Matemática Elementar 3 (Trigonometria). 5ª Edição, Atual Editora, São Paulo, 1983. |

Fonte: Elaborado pelo autor

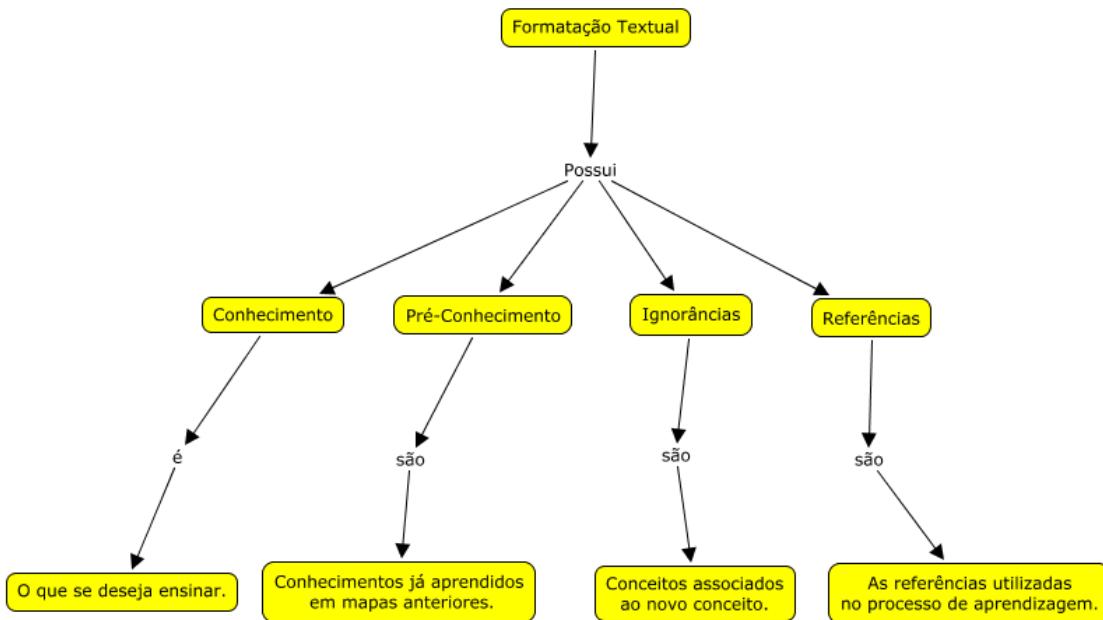
Observe a estrutura da Figura 34. A mesma não só formaliza a formatação, mas permite ao profissional que está elaborando o diagrama estruturado de conhecimento

verificar se o mesmo foi montado corretamente. Como exemplo, se no item textual IGNORÂNCIA tiver que conceituar e não apenas definir um item, isto significa que, o que se julgava um item da IGNORÂNCIA na realidade é um pré-conceito que deveria ter sido definido anteriormente. Assim, como primeira proposta, a estrutura do texto fica com os itens: CONHECIMENTO, PRÉ-CONHECIMENTO, IGNORÂNCIA E REFERÊNCIAS.

Vale destacar ainda que de acordo com a Figura 33, o item CONHECIMENTO pode ser entendido como os objetivos de aprendizagem em um STI; assim como o PRÉ-CONHECIMENTO pode ser entendido como o modelo de estudante.

O ideal é que os Diagramas Estruturados de Conhecimento, gráfico (imagem), mais o texto formatado devam, sempre que possível, estar todos em uma única página. Isto é feito para favorecer o armazenamento de toda a estrutura como uma única imagem. Ao se fazer isto, a informação da imagem é armazenada pelo lado direito do cérebro no processo, que é uma memória de mais longo prazo (BUZAN; BUZAN, 1996). A formatação textual pode ser mais bem visualizada por meio de seu mapa conceitual equivalente. A Figura 35 apresenta este mapa.

Figura 35 - Mapa Conceitual da Formatação Textual presente no Diagrama Estruturado de Conhecimento



Fonte: Elaborado pelo autor

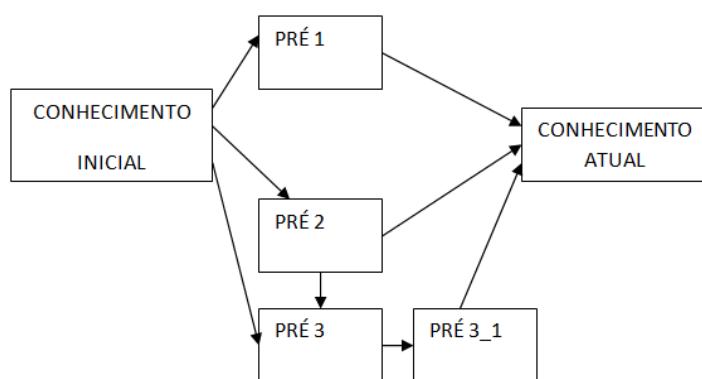
A Figura 35 apresenta os principais elementos que devem se fazer presentes na formatação textual. Evidentemente, ao profissional que estiver elaborando o diagrama

caberá a escolha ou não de acrescentar novos elementos. Entretanto, os elementos principais que servirão de acompanhamento para o aluno são o conhecimento, isto é, aquele conteúdo que se deseja ensinar; o pré-conhecimento caracterizado pelos conhecimentos que o aluno já possui e/ou domina; as ignorâncias que são tidas como sendo os conceitos associados ao novo conteúdo, mas que o aluno ainda não domina; e por fim, as referências que nada mais são do que as bases teóricas utilizadas para elaborar o conhecimento.

A experiência no uso destes diagramas levou a um consenso, entre o autor e o orientador, onde a relação de área ocupada pelo texto e figura deve possuir a razão mínima de 2/3(%) e a máxima de 1/2 (50%) respectivamente. Concluiu-se, nestes experimentos, que a utilização de figuras com razões menores que 1/3 em relação ao texto não produzem bons resultados na contribuição de fixação do conteúdo pelo lado direito do cérebro. Figuras com razões maiores que 50% também comprometem esta memorização. O motivo disto é que o aluno passa a ler o texto contido na figura em vez de armazenar todo o conteúdo, de uma só vez, como uma figura unificada, ficando cada palavra do texto processada preferencialmente pelo lado esquerdo do cérebro, em vez de um todo, pelo lado direito, como desejado.

Uma vez conhecidas e sanadas todas as ignorâncias do diagrama montado, pode-se montar o Diagrama de Conhecimento de um novo conhecimento que terá como pré-conhecimento o conhecimento já adquirido. É fundamental que um conhecimento novo deva ter apenas novas dúvidas e que todos os conhecimentos necessários (pré-requisitos e pré-conhecimentos) já tenham um diagrama montado previamente sobre eles. O conhecimento novo, parte, portanto, do conhecimento inicial e sequencial ao mesmo, conforme mostrado pela Figura 36.

Figura 36 - Sequência de aprendizado utilizando Diagramas Estruturados de Conhecimento

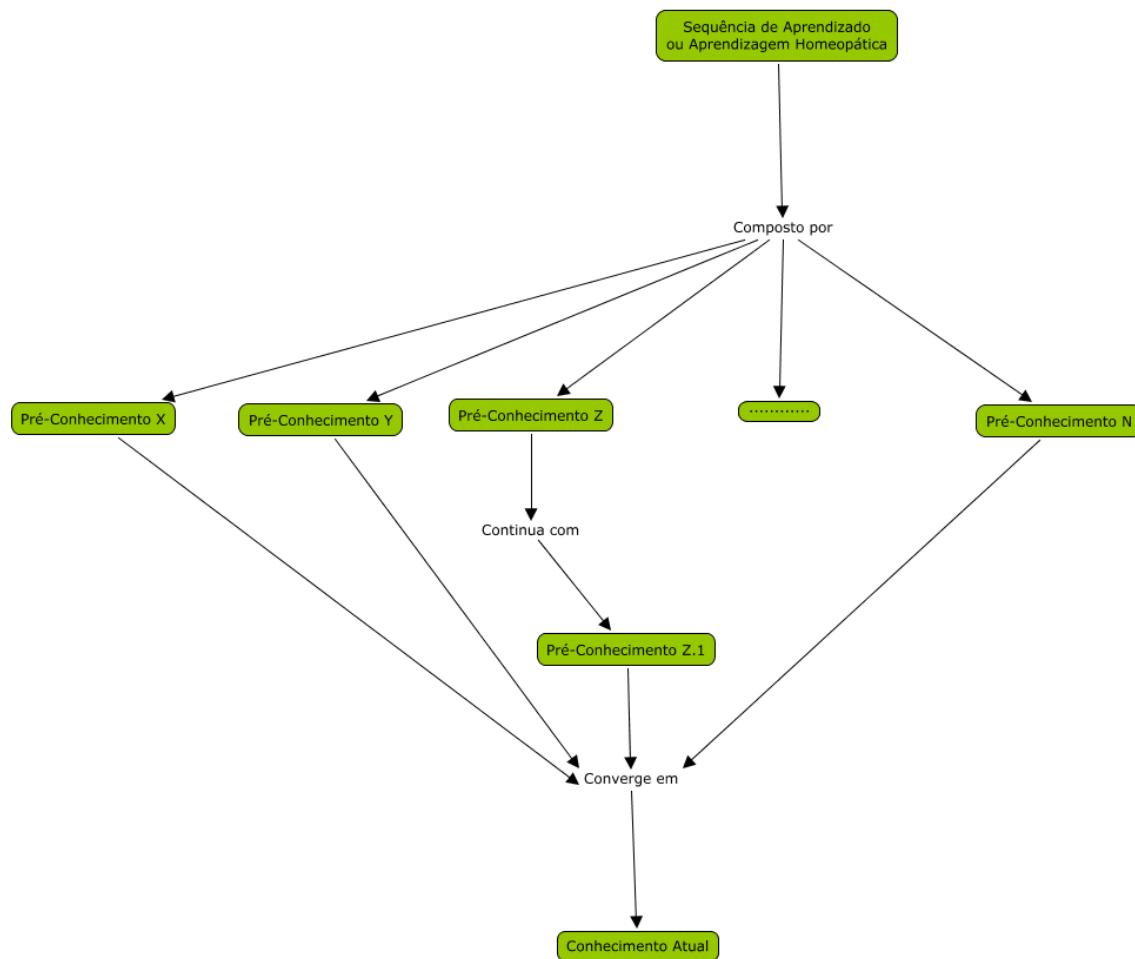


Fonte: Elaborado pelo autor

Este processo de adição controlada e analisada de cada conhecimento novo pode ser visto como sendo uma aprendizagem “homeopática” onde não é fornecido ao aluno mais conhecimento do que a quantidade que ele pode assimilar. A ideia central é a de que a soma parcial destes conhecimentos, ao final do ensino, gera um conhecimento mais consolidado.

A Figura 37 apresenta uma visão mais ampla do caminho percorrido pelo conhecimento desde sua pré-elaboração até o conhecimento atual presente no aluno.

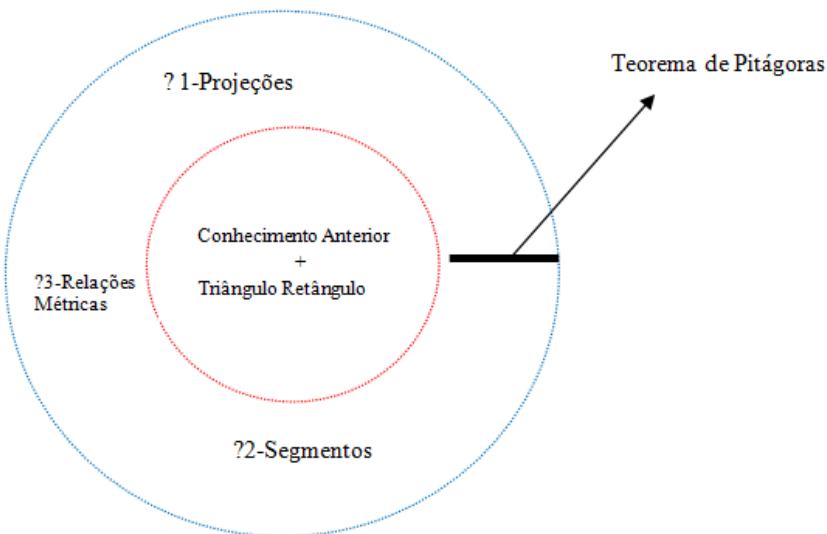
Figura 37 - Mapa conceitual do caminho percorrido pelo conhecimento desde sua elaboração até a fase final, onde o conhecimento torna-se atual para o aluno



Fonte: Elaborado pelo autor

Assim, a área do conhecimento inicial passa a ser um pré-conhecimento no diagrama do novo conhecimento. A Figura 38 apresenta o Raio do Conhecimento e Área da Ignorância de um novo conhecimento adicionado.

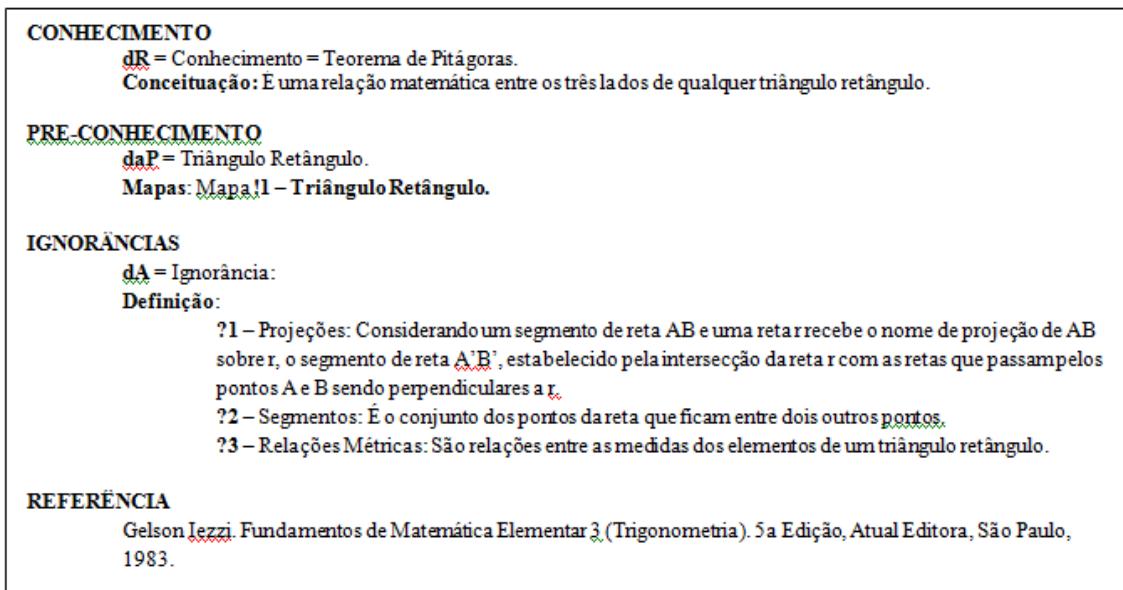
Figura 38 - Diagrama de Raio do Conhecimento e Área da Ignorância com o acréscimo de conhecimento novo



Fonte: Elaborado pelo autor

A figura 39 apresenta a formatação textual referente à figura 38.

Figura 39 - Formatação textual referente à figura 38



Fonte: Elaborado pelo autor

O motivo de se ter no diagrama a informação do pré-conhecimento necessário ao aprendizado do novo conhecimento é que, apesar de bastar dotar os alunos apenas das novas ignorâncias, a prática em sala de aula mostra que a maioria das pessoas se esquece dos conhecimentos já aprendidos (pré-conhecimentos).

Quando isto ocorre, os pré-conhecimentos acabam sendo identificados como ignorâncias, requerendo, desta forma, mais do que definição, mas principalmente conceito, o que não deveria ocorrer, levando o aprendizado ao fracasso. Este é um motivo fundamental para responder ao porquê de frequentemente um professor ter de explicar, em uma disciplina, por exemplo, tudo o que o aluno já tinha aprendido em outra. Assim, caso isto ocorra, antes de se estabelecer o mapeamento que vai transmitir o novo conhecimento ao aluno, basta que o mesmo olhe no diagrama e verifique se ele se recorda dos pré-conhecimentos ali elencados e grafados. Caso isto não ocorra, bastaria ao aluno recordar sequencialmente os pré-conhecimentos pertinentes, e apenas estes, podendo se candidatar a aprender o novo conhecimento. Seria interessante, também, que o professor apresentasse os pré-conhecimentos aos alunos com antecedência, em relação ao que será ensinado no novo conhecimento.

Surge, então, um novo questionamento?

A partir deste momento, como fazer para que o aluno não tenha que, a cada novo conhecimento, relembrar os pré-conhecimentos já estudados, sem precisar retornar sequencialmente aos estudos dos pré-conhecimentos? Não seria este um processo inviável?

Experimentações em sala de aula permitiram inferir uma solução singular, eficiente e efetiva: a metodologia de Memorização 2^n . Concluiu-se com tais experimentos que, para que um aprendizado seja fixado, é importante reforçá-lo em uma relação de 2^n . Esta relação de 2^n garante que o conhecimento adquirido será fixado pelo resto da vida, isto é, ao praticá-lo pode-se ter uma memorização duradoura e eficiente, conforme pode ser visto na seção 4.1.

4.1 Método de Memorização Permanente do Aprendizado: 2^n

Este estudo sobre memorização, relacionado à prática de reforço 2^n , iniciou-se ao se verificar que as novas informações recebidas pelo estudante, normalmente tendem a se perderem ou serem esquecidas, caso não sejam reforçadas com um novo acesso em um determinado período de tempo.

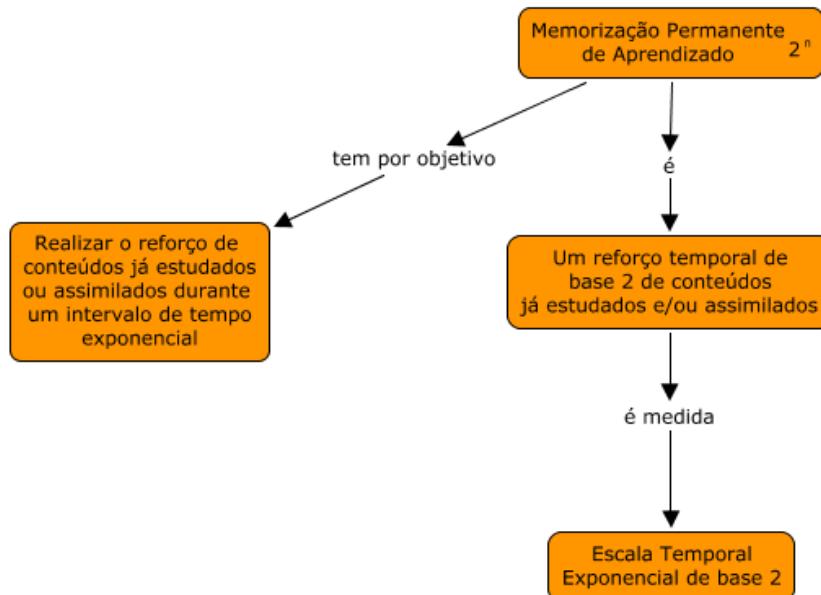
Este método foi elaborado com base em experimentações e observações supervisionadas pelo Prof. Dr. Luciano Vieira Lima e realizadas pelo acadêmico Rubens Barbosa Filho. A sua comprovação, foi, portanto, de forma empírica, aplicada a mais de 30 turmas de cursos superiores distintos. Entre os cursos, podem-se citar os de Pedagogia,

Música, Artes, Engenharias, Letras, Educação Física e Administração. Todos os experimentos alcançaram os resultados esperados, conforme pode ser visto no apêndice deste trabalho.

O objetivo, portanto, deste método é utilizar um intervalo de tempo exponencial de base 2 como referência para o reforço de conteúdos já estudados e/ou assimilados.

A visão geral do método de memorização permanente do aprendizado pode ser vista na Figura 40 onde o mapa conceitual do mesmo é apresentado.

Figura 40 - Mapa Conceitual do Método de Memorização Permanente de Aprendizado 2ⁿ



Fonte: Elaborado pelo autor

Por se tratar de um método empírico e experimental, e para que possa ser considerado como ciência, tal método deve ser formalizado, e o mesmo deve assegurar que outros profissionais da área possam refazer o experimento e chegar ao mesmo resultado, segundo a evolução natural do método científico. Tal afirmação embasa-se nos trabalhos sobre método empírico e indutivo elaborado por Francis Bacon em seu trabalho “*Novum Organum*” (BACON, 1979), no trabalho sobre método racional e dedutivo elaborado por René Descartes em seu estudo intitulado “O Discurso do Método” (DESCARTES, 1637) e, por fim, na combinação apropriada dos métodos de Bacon e Descartes feita por Isaac Newton em seu trabalho “*Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*” (NEWTON, 1687), a qual a ciência utiliza como referência até os dias atuais.

Desta forma, em um contexto cognitivo, a observação de que um aluno de uma determinada matéria quase sempre se lembrava dos conceitos e dos conhecimentos obtidos na aula do dia anterior e, quase nada de aulas de uma semana atrás, e de que normalmente os idosos se lembram de conhecimentos que obtiveram e utilizaram desde criança e, praticamente nada do que lhes foi ensinado uma semana atrás, gerou o conhecimento de que o lapso de tempo em se recordar e reutilizar um conhecimento é fundamental no processo de memorização.

Em observância ao exposto no parágrafo anterior, pode-se perceber nos cursos trabalhados, incluindo os de extensão à sociedade, que os alunos apresentavam maior dificuldade de memorizar um assunto quando o curso era dado uma vez por semana ou apenas nos fins de semana, do que quando os mesmos cursos eram dados dia sim, dia não, com o intervalo máximo de dois dias.

Observou-se também que, nos cursos de curta duração dados em sequência de dias na semana (como nos cursos de uma semana ou de um fim de semana), as dúvidas e esquecimentos eram minimizados quase em sua totalidade. Assim, os cursos dados em uma semana alcançavam os objetivos traçados com mais efetivação, que quando dados em um semestre com duas aulas por semana, mesmo que com carga horária maior.

Esperar-se-ia que, cursos com maior carga horária e mais conteúdo dessem melhores resultados que cursos de curta duração, o que continuamente não ocorria. Partindo-se dessas análises, e na busca de uma resposta sobre os motivos de tal ocorrência, verificou-se, após algumas turmas em observação, que nos cursos com dois dias de aula por semana, a aula consecutiva com intervalo inferior a 3 dias, geralmente não era esquecida pelo aprendiz, mesmo que ele não tivesse feito qualquer recordação.

Já nos cursos que possuíam aulas com mais de 3 dias de intervalo, entre uma e outra, os conhecimentos eram muitas vezes esquecidos e até mesmo modificados pelos alunos que não praticavam nenhum tipo de recordação. Este fato apontou aos pesquisadores que o intervalo entre as aulas e a recordação de assuntos trabalhados em sala representava um fator importante a ser considerado.

Passou-se, assim, a buscar o menor lapso de tempo necessário para que uma informação fosse memorizada e não mais esquecida.

Um trabalho científico que serviu de base ao levantamento de tal lapso de tempo foi o trabalho desenvolvido por Ivan Izquierdo (IZQUIERDO, 2010). Este trabalho mostra que tanto a memorização quanto a aprendizagem baseiam-se nas trocas de informações entre os neurônios transmissores de diversos setores do cérebro, promovendo desta forma, a troca de informação, busca e sedimentação de conhecimentos.

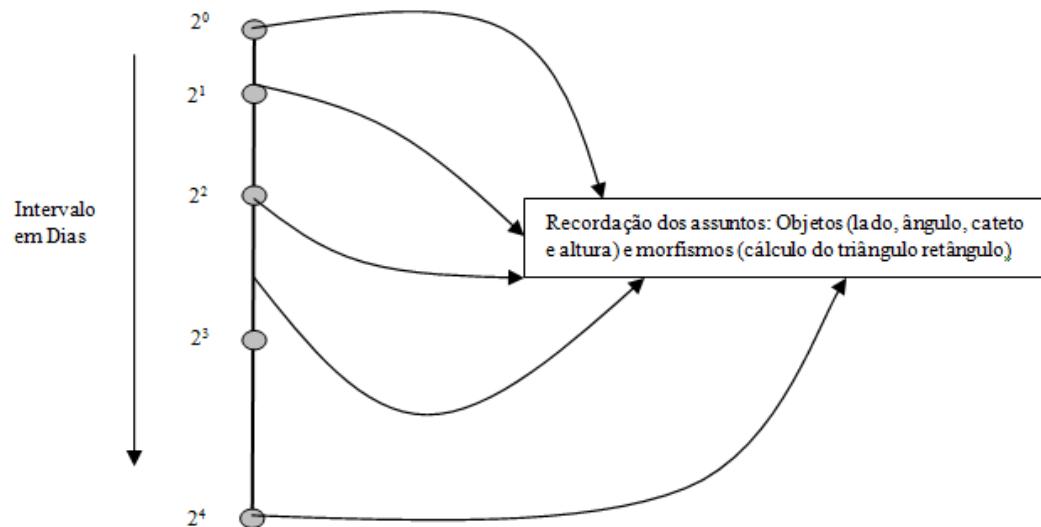
Quando se faz uma busca de um conhecimento, as ligações eletroquímicas das sinapses dos neurônios transmissores são reativadas e fortalecidas. Quanto maior for o número de vezes que as utilizarem, menor será a chance de as ligações eletroquímicas se enfraquecerem a tal ponto de perder a informação. Com base nesta observação, optou-se por trabalhar com uma escala de tempo não linear, entre reforços, porém, optou-se por utilizar um fator, em dias, de multiplicação em potência da base 2, a saber: 2^n .

Portanto, para que uma informação nova permaneça memorizada e consolidada por um período suficientemente longo de tempo, a mesma deve ser revista no dia seguinte, isto é, em 1 dia(2^0). Depois disto, a mesma informação deve ser revista em 2 dias (2^1), posteriormente deve-se rever a mesma informação em quatro dias, depois em 8 dias, em 16 dias, de mês em mês, de dois em dois meses, de quatro em quatro meses, de oito em oito meses, e assim por diante, até chegar em um ponto onde pode-se praticamente dizer que a informação está permanentemente consolidada, já que em certo momento, o fator 2^n resultaria em valores superior a algumas décadas.

Quando se segue o fator de memorização 2^n , pode-se garantir a uma pessoa normal e saudável, que o conhecimento não mais será perdido. Uma ilustração da aplicação do método 2^n associado ao ensino de Triângulos Retângulos pode ser vista no diagrama da Figura 41.

Desta forma, o uso em conjunto da estratégia do Raio do Conhecimento e Área da Ignorância e do método 2^n , permitirá que o estudante realmente retenha e memorize o conhecimento recebido.

Figura 41 - Aplicação do método 2^n em conjunto com funtores e raio do conhecimento e área da ignorância (gráfico fora de escala)



Fonte: Elaborado pelo autor

Em contrapartida, quando o aluno não segue a razão de reforço 2^n , não se pode precisar ou afirmar que apenas o último conhecimento que estava sendo recordado será prejudicado, nem o grau de sua perda. Isto é pessoal, já que, mesmo não recordando explicitamente uma informação encadeada, pode-se ter de o aprendiz, no intervalo previsto para a recordação, usar os conhecimentos aplicados em alguma atividade ou participar de alguma ação que os envolva.

Assim sendo, quando for apresentado ao aluno um novo conhecimento onde, diante deste novo conhecimento deva ser preenchida a área da ignorância no diagrama pelo aluno, e o mesmo acabar elencando além dos conceitos, também conhecimentos, isto significa que a perda foi maior do que apenas o último conceito que estava sendo recordado pelo método 2^n .

Isto posto, conclui-se que este reforço no processo de sedimentação do conhecimento pode ser obtido, também, aplicando-se estratégias diferentes, como por exemplo, aplicar novos raios de conhecimento que recordem, na área de ignorância, os temas e conceitos utilizados no conhecimento anterior. É o caso, por exemplo, de se ensinar na disciplina de matemática os conceitos de trigonometria em um dia e, na próxima aula, se ensinar na disciplina de física os conceitos sobre vetores (aplicação direta da trigonometria). Desta forma, podem-se ensinar novos conceitos sem precisar repetir os já ministrados.

4.2 Metodologia de Ensino utilizando Diagrama Estruturado de Conhecimento

A metodologia é construída a partir da primeira subcategoria. Ao se elencar o segundo conceito, deve-se ter apenas como pré-conhecimento o primeiro conceito já acrescido à subcategoria. Esta ordem tem sua razão de ser, pois com relação ao primeiro conceito, este poderia apenas precisar dos objetos e morfismos elencados no primeiro diagrama.

Pode ser que no segundo diagrama, tenha-se a exigência de pré-conhecimentos diferentes dos já apresentados ao aluno. Neste caso, o novo conhecimento fica em “espera” aguardando que os pré-conhecimentos sejam acrescidos à subcategoria do aluno para que se possa prosseguir aos objetivos traçados.

Esta necessidade de pré-conhecimento é identificada pelo professor, quando o mesmo vai elaborar a sua parte do diagrama (**novo conhecimento, pré-conhecimentos e modelo textual relacional**), ou quando o aluno for montar a sua parte do diagrama (**área da ignorância, a qual é particular a cada aluno**). Se o aluno elencar conceitos nessa área, isto significa que se deve interromper a montagem do diagrama e iniciar a construção do diagrama de conhecimento(s) elencada na área da ignorância.

De forma a organizar os procedimentos necessários à aplicação da metodologia, tome-se a seguinte sequência de ações:

1. O instrutor/professor organiza os conceitos de forma a classificar a interdependência dos mesmos (caso seja mais de um) e priorizar qual conceito deverá ser recordado primeiro. Entende-se por interdependência o fato de um conhecimento ser pré-conhecimento de outro ou, o fato dos mesmos serem independentes. Desta forma, um conhecimento classificado como pré-conhecimento de outro, terá prioridade e precedência em ser reapresentado ao aprendiz em relação ao conhecimento que o engloba.
2. Um novo diagrama será refeito pelo professor e aluno (podendo ou não se basear no anterior já existente, já que a ignorância do aluno, atualmente, poderá ser diferente no estágio atual do aprendizado, podendo ser maior ou menor).
3. Se neste novo diagrama, o aluno colocar novos conhecimentos na área da ignorância, então se deve armazenar na linha do tempo aquele assunto que estava sendo ensinado, e se iniciar um novo processo de aprendizado do conhecimento que foi identificado fora do contexto da ignorância. Este

processo continua até que se possa concretizar o repasse do conhecimento do aluno, eliminando toda a área da ignorância. Feito isto, volta-se ao ponto interrompido na linha do tempo e retoma-se do ponto onde foi necessário interromper o ensinamento.

4. A aplicação do reforço 2^n ao conteúdo esquecido pelo aluno implica na aplicação de um novo ritmo de recordação. Desta forma, àquele conhecimento esquecido, começa-se novamente com 2^0 . A partir deste novo ritmo a recordação prossegue normalmente. Assim sendo, é fundamental que não se pule a razão de recordação da técnica proposta. Mas, se isto ocorrer, os conhecimentos com seus respectivos conceitos, que foram esquecidos, deverão ser reiniciados novamente com 2^0 .

5 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

A motivação deve ser pensada como uma força de importância decisiva no desenvolvimento do ser humano. Dentre muitas metodologias atualmente trabalhadas nos ambientes de ensino escolar, a motivação e consequentemente a satisfação parecem caminhar à margem desse processo. Cada professor desenvolve e aplica seu próprio método para motivar seus alunos, decorrendo disto conceitos que tanto reforçam a recompensa, como também a punição.

Entre várias turmas trabalhadas de pedagogia e outras áreas do conhecimento, tomou-se contato com adeptos de um ou mais métodos de ensino, destacando-se preferencialmente Skinner, Paulo Freire, PBL e Vygotsky. Percebeu-se existir uma grande divergência de opiniões sobre quando aplicar uma ou outra metodologia, porém, no caso de se introduzir os conceitos propostos neste trabalho como auxiliares a cada metodologia clássica escolhida por cada educador, não se encontrou em nenhum caso um educador que tivesse restringido a aplicação dos diagramas estruturados de conhecimentos e o método de reforço 2^h, muito pelo contrário, identificou-as como um recurso importante no processo de aprendizado e de fácil integração, principalmente o método de reforço de recordação 2^h.

Entretanto é importante destacar um ponto em comum a muitos educadores que é o processo de transmissão do conhecimento. Ainda nos dias de hoje esse desafio permanece em aberto, na busca de uma metodologia que seja sempre mais eficiente. Este trabalho contribui também com essa evolução ao propor o uso dos funtores, parte integrante da Teoria das Categorias, como uma solução viável a este processo.

Por meio dos funtores torna-se possível realizar um mapeamento entre subcategorias, professor e aluno, onde todos os objetos e morfismos (conceitos e técnicas) necessários para que um aluno aprenda são mapeados do professor para o aluno. Esta metodologia de transmissão impede que falte qualquer conceito ao aluno para que ocorra a aprendizagem, transformando desta forma o estado emocional do aluno para altamente motivado, que é o que nos interessa.

Complementarmente, a combinação de Diagramas Estruturados de Conhecimento com diferentes técnicas e métodos de ensino acaba por permitir ao aluno alcançar uma solução viável à efetivação do aprendizado e, por conseguinte, a sua satisfação. Esta combinação pode apresentar melhores condições de ensino, por exemplo, ao se aplicar Diagramas

Estruturados de Conhecimento em conjunto com mapas mentais (*mind maps*), Skinner, PBL (*Problem Based Learning*) e outros.

Um ponto de destaque desta metodologia de uso dos Diagramas Estruturados de Conhecimento está na possibilidade de se trabalhar com os dois hemisférios do cérebro, o direito responsável pelo lado esquerdo do corpo e, o hemisfério esquerdo, responsável pelo lado esquerdo do corpo.

Esta combinação permite que nenhum dos hemisférios do cérebro fique exausto com um possível excesso de informação. O lado direito do cérebro é responsável pela musicalidade, pela abstração, pela arte. O lado esquerdo do cérebro é responsável pela parte matemática, pelo raciocínio lógico. Assim, como os Diagramas Estruturas de Conhecimentos combinam tanto texto quanto figuras e desenhos, os dois lados do cérebro acabam sendo supridos com informações em quantidades muito próximas.

Outro ponto de destaque dos Diagramas Estruturados de Conhecimentos é a possibilidade de se manter um histórico sobre a aprendizagem do aluno. A cada diagrama, elabora-se uma tabela que é denominada formatação textual. Nesta formatação estão presentes os conceitos trabalhados, as referências utilizadas, as dúvidas expostas pelo aluno e a data em que tal diagrama foi elaborado.

Quando um aluno, em determinado período de aprendizagem, começa a demonstrar dúvidas sobre assuntos os quais ele já deveria estar dominando, o processo de rastreabilidade do diagrama responsável por aquele conteúdo pode ser facilmente identificado. Uma vez identificado o diagrama, basta ao aluno retomar os estudos a partir do mesmo.

Uma terceira dificuldade que é muito presente entre os estudantes diz respeito à capacidade de se memorizar, de se reter os conteúdos vistos e estudados em sala. É muito comum os alunos esquecerem após determinado período de tempo os conteúdos vistos em sala. A consequência deste esquecimento é percebida pelo tempo gasto pelo aluno em ter que retomar conteúdos já estudados, quando, o mesmo, poderia estar dedicando este tempo à assimilação de conteúdos novos.

Este trabalho, por meio de um Método de Memorização Permanente 2ⁿ tenta contribuir para a otimização deste período de tempo gasto com reforços de estudos. Um estudo de caso de sucesso da aplicação deste método pode ser visto no apêndice deste trabalho.

Este estudo de caso trata exclusivamente de pessoas idosas de idade avançada e sem problemas patológicos que impeçam a aprendizagem. Tal estudo apresentou-se como um grande desafio, pois é muito comum pessoas idosas apresentarem problemas de retenção de informações na memória recente. Tais idosos podem se lembrar de fatos ou datas que remetem às suas infâncias, mas são muitas vezes incapazes de se lembrarem do que fizeram no dia anterior.

A aplicação deste método teve duração de 16 meses e os resultados obtidos ao final comprovam sobremaneira a sua eficácia. Ao final da pesquisa, tanto as informações de longo tempo, como as de médio tempo, como também as informações recentes foram lembradas de forma rápida e natural pelos idosos. É importante destacar também que a qualidade das informações trabalhadas também é muito importante. Neste estudo de caso, foram trabalhadas informações referentes ao próprio idoso, informações referentes aos familiares do idoso e, por fim, informações referentes aos ambientes comuns de trabalho do idoso.

Diante de tantas possibilidades úteis de uso dos Diagramas Estruturados de Conhecimento, partindo desde seu uso individual até a combinação com outras metodologias, passando pela ferramenta de reforço ao aprendizado 2ⁿ onde se tem a possibilidade da manutenção de forma duradoura de todo o conhecimento recebido durante o processo de ensino aprendizagem, fica a contribuição aos educadores, professores e instrutores este conjunto de metodologias e métodos voltado à possibilidade de se ter algo a mais para se trabalhar em sala de aula.

Um contraponto à aplicação da metodologia proposta neste trabalho está centrado na desmotivação do aluno em aprender. Este estado, no caso, desmotivado, impede a aprendizagem pelo modo formal apresentado no capítulo 4. Diante desta barreira, foi proposta uma alternativa, também demonstrada matematicamente, onde a inserção de um líder de grupo no processo pode ajudar a resgatar a motivação perdida. E uma vez resgatada a motivação, o mapeamento de ensino torna-se mais “fácil”.

A conclusão deste trabalho ainda deixou muitas portas abertas quanto às novas possibilidades e campos de atuação em novas pesquisas. Entre elas, podemos citar o desafio de se programar os conjuntos de técnicas e demonstrações de funtores em um Sistema Tutor Inteligente. Esta implementação encerraria uma etapa importante neste processo que é a da aplicação da teoria proposta por meio de um aparato tecnológico.

Um segundo caminho de exploração de trabalhos futuros está centrado na possibilidade de se analisar a viabilização da conversão das metodologias propostas neste trabalho, em um processo de aprendizagem de autômatos.

E um terceiro campo de atuação esta no estudo e aplicação do método de memorização permanente em idosos que apresentam problemas patológicos de aprendizagem, como por exemplo, Alzheimer.

REFERÊNCIAS

- ACKERMAN, S. GROSS, B. L. **Instructor Feedback: How Much Do Students Really Want?** Journal of Marketing Education, 32, 2010.
- ALVES, R., “**Filosofia da Ciência**”, Editora Brasiliense, São Paulo, 1986.
- ALVES, J. B. da M. “Teoria Geral de Sistemas: em busca da interdisciplinaridade”, Instituto Stela, Florianópolis, 2012.
- APOSTEL, L.; JONOKLEERE, A.R.; MALTON, B. - **Les lois de l'apprentissage, comportement et logique. Etudes d'Epistémologie Génétiques**, Paris, PUF, 1959.
- ASPERTI, Andrea. LONGO, Giuseppe. **Categories Types and Structures: An Introduction to Category Theory for the Working Computer Scientist**. Massachusetts: Foundations of Computing Series, MIT Press, 1991.
- AUSUBEL, D. **A cognitive structure view of word and concept meaning**. In R.C. Anderson e D. Ausubel. *Readings in the Psychology of Cognition*. New York: Holt, Rinehart and Winston. 1965.
- AUSUBEL, D.P. **Educational Psychology: Cognitive View**. New York: Holt, Rinehart and Winston, Inc. 1968.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D., HANESIAN, H. **Psicología Educativa: un punto de vista cognoscitivo**. México: Trillas, 1983.
- BACON, F. **Novum Organum**. Trad. José Aluysio Reis de Andrade. 2. Ed. São Paulo: Abril Cultural, 1979 b.
- BERBEL, Neusi Aparecida Navas. **A Problematização e a Aprendizagem Baseada em Problemas: Diferentes Termos ou Diferentes Caminhos?** 2. Ed. Vol. 2. Botucatu, SP: Editora Interface – Comunicação, Saúde, Educação, 1998.
- BLACK, M. **Critical thinking**. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall. 1952.
- BREUKER, J. Coaching in Helps Systems. In: SELF, J.(Ed.) **Artificial Intelligence and Human Learning: Intelligent Computer Aided Instruction**. London: Chapman Hall, 1988.
- BRUNER, J. “**Vygotsky: a historical and conceptual perspective**”. In James W. Wertsch(Ed), *Culture, Communication and cognition: Vygotskian perspectives* (pp. 21 – 34). Cambridge USA: Cambridge University Press. 1985.
- BUZAN, Tony. BUZAN, Barry. **The Mind Map Book: How to Use Radiant Thinking to Maximize Your Brain's Untapped Potential**, Plume. New York, NY: Plume, 1996.
- CAPUANO, N. et al. “**ABITS: An Agent Based Intelligent Tutoring System for Distance Learning**”, Proceedings of the International Workshop on Adaptive and Intelligent Web-based Educational Systems, Montreal, Canada, 2000.
- CHAIKLIN, S., **The Zone of Proximal Development in Vygotsky's Analysis of Learning and Instruction in Kozulin et. al**, Vygotsky's educational theory and practice in cultural context. Cambridge: Cambridge University Press (2003).
- CORNFORD, F.M., "Plato's Theory of Knowledge: The Theaetetus and The Sophist". Dover, 2003 [first published in 1935]
- CORVISIERI, Enrico. **Platão: A República**. São Paulo: Editora Nova Cultural, 2004.
- COSME, Azahalia Panchí. MACIEL, Francisco Javier Cháves. **Factores relacionados com el abandono de estudios de los alumnos de educación superior a distancia: una experiência**. In: ENCUENTRO

INTERNACIONAL DE EDUCACIÓN SUPERIOR. 2005, Ciudad de México, México. Virtual Educa, 20 al 24, Jun 2005. p. 1 - 10.

DESCARTES, R., **Discours de la méthode, pour bien conduire la raison, & chercher la vérité dans les sciences...** Leiden: Jan Maire, 1637; in Œuvres de Descartes. Publiées par Ch. Adam et P. Tannery. Paris: Éditions du Cerf, 1897-1913.

DOUGLAS, W. **Como passar em provas e concursos.** São Paulo: Impetus, 2012.

EVANS, P. "Some implications of Vygotsky's work for special education". In Harry Daniels (Ed), Charting the Agenda – Educational Activity after Vygotsky. London:Routledge. 2003.

FORMAN, E. e CAZDEN, C. "Exploring Vygotskian perspectives in education: the cognitive value of peer interaction" In James Wertsch (Ed), Culture, communication and cognition: Vygotskian perspectives (pp. 323 – 347). Cambridge MA: Cambridge University Press. 1985.

FORMAN, E. e MCPHAIL, J. "Vygotskian Perspectives on Children's Collaborative Problem Solving Activities". In Ellice Forman, Norris Minick e C. Addison Stone (Ed.), Contexts for Learning (pp. 213 – 229). New York. Oxford University Press. 1993.

GARDNER, H. **Frames of mind.** New York, Basic Books Inc., 1985.

GETTIER, E., "Is Justified True Belief Knowledge?" in *Analysis*, V.23, 1963.

GINSBURG, S.; **Algebraic and Automata Theoretic Properties of Formal Languages.** North-Holland, 1975.

GOULART, I. B. **Psicologia da Educação: Fundamentos teóricos.** Aplicações à prática pedagógica. 7ª edição. Petrópolis: Ed. Vozes, 2000.

GOULART, Iris Barbosa. **Piaget: experiências básicas para utilização pelo professor.** São Paulo, SP: Editora Vozes, 2001.

GRAYLING, A.C. **Epistemological Scepticism and Transcendental Arguments.** Thesis. Oxford University Press, 1983.

GRÉCO, P. **Aprendizagem e estruturas intelectuais.** Tratado de Psicologia Experimental. Vol. 7. Rio de Janeiro, Ed. Forense Universitária, 167-216, 1969.

GREENO, J. G., COLLINS, A., BERANEK, B., & RESNICK, L. B. **Cognitions and Learning.** In D. Berliner & R. Calfee (Eds.), Handbook of educational psychology (pp. 1-51). 1994.

HARJU, T., KARHUMÄKI, J. **Morfismos em Handbook of Formal Languages**, Volume I, editado by G. Rozenberg, A. Salomaa, Springer, 1997.

HENDERSON, R. "Self-Regulated Learning: Implications for de Design of Instructional Media." Contemporary Educational Psychology, 11, pp. 405 – 427.

HOWE, M. J. A. **Understanding School Learning.** New York: Harper e Row, Publishers. 1972.

IZQUIERDO, I. **A arte de esquecer.** Rio de Janeiro: Vieira & Lent, 2010.

JOSEPH, Irma Maria. **O Trivium - As Artes Liberais da Lógica: Gramática e Retórica.** São Paulo, SP: Editora Editora E Realizações, 2008.

KING, A. "Ask to THINK-TEL WHY: A Model of Transactive Peer Tutoring for Scaffolding Higher Level Complex Learning". Educational Psychologist, 32, 4, pp. 221 – 235. 1997.

LILLY, B., & TIPPINS, M. J. Enhancing student motivation in marketing classes: Using student management groups. Journal of Marketing Education, 24, 253-264. 2002.

LIMA, S. F. de O.; BARBOSA FILHO, R.; Lima, L. V.; CAMARGO JÚNIOR, H. **Mapas de Conhecimento: Uma Ferramenta de Aprendizagem por meio de Card Informativo como Instrumento de Ensino.** Revista Unopar Científica Ciências Humanas e Educação, v.14, n.1, 2013.

LIMA, Luciano Vieira Lima; CAMARGO JÚNIOR, H.; LIMA, Sandra Fernandes de Oliveira; PEREIRA, Adriano Alves; PINHEIRO, Alan Petrônio. **A METHOD FOR PREPARING EXPERTS IN COMPUTER ENGINEERING SUBJECTS - WCCSETE'2006.**

LOCKE, J., **An Essay Concerning Human Understanding.** Baffet and Fold, Londres UK, 1689.

MACLANE, S. **Categories for the Working Mathematician.** Spring-Verlag, 1971.

MACCALLA, G. I. **The Central Importance of Student Modelling to Intelligent Tutoring.** In E. Costa (Ed.), New Directions for Intelligent Tutoring Systems. Vol.91, pp. 107-131. Berlin: Springer-Verlag. 1992.

MCLUHAN, H. M. **Os meios de comunicação como extensões do homem.** São Paulo, Cultrix, 1969.

MCLUHAN, H. M. **The Medium is the message: an inventory of effects (with Quentin Fiore).** Bantam Books. New York, 1967.

McTAGGART, J. **Intelligent Tutoring System and Education for the Future.** CI 512X Literature Review, 2001.

MENEZES, P; HAEUSLER, E. **Teoria das Categorias para Ciência da Computação.** Editora Sagra Luzzatto, 2001.

MITCHELL, P. D., & GROGONO, P. D. **Modelling Techniques for Tutoring Systems.** Computers and Education, 20(1), 55-61, 1993.

MOREIRA, Marli Merker. **The use of concept maps and the five questions in a foreign language classroom: effects on interaction.** 1998. Tese de Doutorado - Cornell University - Ithaca, NY.

MOREIRA, M. A. Conferência de encerramento do IV Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa. Maragogi, AL, Brasil, 8 a 12 de setembro de 2003.

_____. **A Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel.** Cap. 10, p. 151-165. In: Teorias da Aprendizagem. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, EPU, 1999.

_____. **Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa.** Revista Chilena de Educação Científica, v. 4, n. 2, 2005.

_____. **Constructivismo: significados, concepciones erróneas y una propuesta.** Trabalho apresentado na VIII Reunión Nacional de Educación en la Física, Rosario, Argentina, 18 a 22 de outubro. 1993a.

_____. **Cambio conceptual: crítica a modelos atuales y una propuesta a la luz de la teoría del aprendizaje significativo.** Trabalho apresentado na conferência internacional "Science and Mathematics Education for the 21st Century: Towards Innovatory Approaches, Concepción, Chile, 26 de setembro a 1º de outubro. 1994.

_____. **Mapas conceituais como instrumentos para promover a diferenciação conceitual progressiva e a reconciliação integrativa.** Ciência e Cultura, 32(4), 474 - 479. 1980.

MOREIRA, M. A. e MASINI, E.S. **Aprendizagem Significativa: a Teoria de David Ausubel.** São Paulo: Edit. Moraes. 1982.

MOREIRA, M. A. e Buckweitz, B. **Mapas Conceituais.** São Paulo: Editora Moraes. 1982.

MULLER, Marcos , **Epistemología e Dialética, in Cadernos de História e Filosofia da Ciência,** Campinas, CLE, UNICAMP, Suplemento (2): 5-30, 1981.

NEWTON, I., **The Mathematical Principles of Natural Philosophy.** Printed for Benjamin Motte, Vol. I & II.

Londres(UK), 1687.

O'Donnell, A. **Searching for information in knowledge maps and texts.** Contemporary Ed. Psychol., 18, 222. 1993.

OREY, M. A., NELSON, W. A. **Development principles for intelligent tutoring systems: integrating cognitive theory into the development of computer-based instruction.** Educational Technology Research and Development, 41(1), 59-72. 1993.

PALICSAR, A., BROWN, A., CAMPIONE, J. "First-Grade Dialogues for Knowledge Acquisition and Use". In Ellice A. Forman, Norris Minick e C. Addison Stone (Ed.), *Contexts for Learning* (pp 43 – 57). New York: Oxford University Press. 1993.

PAVLOV, Ivan Petrovich. **Conditioned reflexes.** London: Oxford University Press, 1927.

PIAGET, J., **A construção do real na criança.** Rio de Janeiro, Ed. Zahar, 1970.

_____. **A gênese das estruturas lógicas elementares: classificação e seriação.** Rio de Janeiro, Ed. Zahar, 1971.

_____. **A formação do símbolo na criança.** Rio de Janeiro, Ed. Zahar, 1975.

_____. **O Raciocínio na criança.** Rio de Janeiro, Ed. Record, 1967.

_____. **A equilibração das estruturas cognitivas.** Rio de Janeiro, Ed. Zahar, 1976.

_____. GRÉCO. **Aprendizagem e conhecimento.** Rio de Janeiro, Livraria Freitas Bastos, 1974.

PICARD, R. **Affective Computing.** Cambridge, Mass.: MIT Press. 1997.

PULASKI, Mary Ann Spencer. **Compreendendo Piaget.** Rio de Janeiro : Livros Técnicos e Científicos, 1986.

SANTAELLA, Lúcia. **Cultura e artes do pós-humano.** São Paulo, Paulus, 2003.

SACK, W., SOLOWAY, E., & WEINGRAD, P. **Re-Writing Cartesian Student Models.** In J. E. Greer & G. I. MacCalla (Eds.), *Student Modelling: The Key to Individualized Knowledge-Based Instruction* (NATO ASI Series ed., Vol. 125, pp. 355-376). Berlin: Springer-Verlag. 1994.

SAXE, G., GEARHART, M., NOTE, M. e PADUANO, P. "Peer interaction and the development of mathematical understandings: a new framework for research and educational practice". In Harry DANIELS (Ed.), *Charting the agenda – Educational Activity after Vygotsky* (pp. 107 – 144). London: Routledge. 1993.

SEXTON, T. G. & POLING, D. R. **Can intelligence be taught?** Bloomington, IN: Phi Delta Kappa Educational Foundation. 1973.

SERGER, C.A.; MILLER, E.K. **Category learning in the brain.** Annual Review of Neuroscience, v.33, p.203-219, 2010.

SILVA, Deusimar Ribeiro da. TOMAZ, José Batista Cisne. **Lidernet: por que a evasão?** In: 4o SEMINÁRIO NACIONAL ABED DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA. 2006, Brasília, Brasil. 09 a 11, Abr 2006. P. 1 – 11.

SILVA, J. F. A., **Dualidade de Morita em Anéis Artinianos.** Dissertação de Matemática – Pós-Graduação em Matemática. Instituto de Matemática – Universidade Federal da Bahia. Salvador. Agosto, 2005.

SKINNER, Burrhus Frederic. **Teaching Machines.** Science, Washington, USA: Science Magazine; Vol. 128 no. 3330 pp. 969-977 128, October, 1958.

SOUZA, Célia Maria Soares Gomes; MOREIRA, Marco Antônio. **Pseudo-organizadores prévios como elementos facilitadores da aprendizagem em Física.** Revista Brasileira de Física, v. 11, n. 1, 1981.

TUDGE, J. "Vygotsky, the zone of proximal development, and peer collaboration: Implications for classroom practice". In Luis C. Moll (Ed.), *Vygotsky and Education – Instructional Implications and*

Applications of Sociohistorical Psychology (pp. 155 – 174). Cambridge MA: Cambridge University Press. 1990.

VEKIRI, I. **What Is the Value of Graphical Displays in Learning?** Ed. Psychol. Rev., 14, 261. 2002.

VICARI, Luci Maria. **As Inteligências Múltiplas Otimizando o Ensino a Distância: Uma Aplicação em Engenharia de Produção.** 2005. Dissertação de mestrado - Universidade Paulista – São Paulo, SP.

VICCARI, R. **Um Tutor Inteligente para a Programação em Lógica – Idealização, Projeto e Desenvolvimento,** Universidade de Coimbra, 1990. Tese de Doutorado.

YORKE, M. **Formative assessment in higher education: Moves towards theory and the enhancement of pedagogic practice.** Higher Education, 45, 477-501. 2003.

WADSWORTH, B. **Inteligência e Afetividade da Criança.** 4. Ed. São Paulo : Enio Matheus Guazzelli, 1996.

WERTSCH, J. STONE, C. "The concept of internalization in Vygotsky's account of the genesis of higher mental functions" In James V. Wertsch (Ed), Culture, Communication and Cognition: Vygotskian perspectives (pp. 162 – 179). Cambridge MA: Cambridge University Press. 1985.

WILLIANS, C.G., "Using Concept Maps to Assess Conceptual Knowledge of Function", Journal for Research in Mathematics Education, Vol.29, No.4, (July 1998), pp. 414-421.

APÊNDICE A – Experimento do Diagrama Estruturado de Conhecimento e do Método de Reforço de Memorização 2ⁿ.

MAPAS DE CONHECIMENTO E MEMORIZAÇÃO PERMANENTE DE CONHECIMENTO E APRENDIZADO: UMA PROPOSTA DE NOVAS FERRAMENTAS NO AUXÍLIO DO RESGATE DO IDOSO À AUTOESTIMA E CIDADANIA.

KNOWLEDGE MAPS AND PERMANET LEARNING AND KNOWLEDGE MEMORIZATION: A PROPOSAL OF NEW TOOLS IN AID OF RESCUE OF ELDERLY SELF-ESTEEM AND CITIZENSHIP.

Resumo

Este artigo apresenta uma proposta de um conjunto de ferramentas voltadas para o trabalho de resgate da cidadania de pessoas idosas por meio da recuperação da autoestima e inserção do idoso ao ambiente familiar e social. Esta ferramenta: **Mapas de Conhecimento** tem como objetivo auxiliar o idoso na efetivação do processo de resgate da memória, principalmente a memória recente. Ao longo da vida, o idoso vai acumulando conhecimentos e técnicas de manipulação mecânica, matemática e lógica do meio onde atuou. Por outro lado, o hemisfério direito, o qual é responsável pela abstração, pela criatividade, arte e sentimentos, fica menos sobrecarregado e com grande potencial para aprendizado e memorização. Diante deste cenário, as ferramentas propostas, e originais, constituídas por um **Mapa de Conhecimento** (o qual possui um Raio de Conhecimento e uma Área de Ignorância) e uma técnica de memorização efetiva e permanente, denominada por **Memorização Permanente de Aprendizado 2ⁿ**, vêm contribuir no sentido de integrar os dois hemisférios para efetivação de todos os processos envolvendo raciocínio e memorização. As ferramentas propostas, e amplamente testadas, utilizam uma regra temporal efetiva de reforço da informação que se quer perpetuar, a qual agregada a outra estratégia e recurso visual faz com que os hemisférios direito e esquerdo do cérebro trabalhem em conjunto no armazenamento e resgate da informação. Este trabalho contribui na sugestão de se utilizar as ferramentas propostas, as quais, se associadas às técnicas e metodologias tradicionais aplicadas à memorização e aprendizado dos idosos, conforme experiência obtida pela equipe desta pesquisa, podem levar os cuidadores dos idosos a atingirem resultados satisfatórios no resgate do idoso à cidadania.

Palavras-chaves: Idosos; Mapas de Conhecimento; Memorização; Autoestima; Cidadania.

Abstract

This paper presents a proposal of a set of tools with the goal of rescue of citizenship of elderly persons through the recovery of self-esteem and inclusion of the elderly to family and social environment. This tool named **Knowledge Maps** aims to assist elderly persons in the effectiveness process of memories rescue, mainly the recent ones. Throughout life, the elderly will accumulate knowledge and techniques of manipulating the environment in which it operates, getting the left hemisphere of the brain increasingly overloaded with various actions, both mechanical and processes that require mathematical and local reasoning. On the other side, the right hemisphere of the brain, which is responsible for abstraction, creation and musicality, is less overloaded. Given this scenario, the proposed

tool, consisting of a **Radius of Knowledge and Ignorance Area**, and a tool called **Permanent Learning 2^º** will contribute with the possibility to integrate the two hemispheres of the brain for the execution of all processes involving memorizing and reasoning. The proposed tools, which were extensively tested, uses a effective temporal rule reinforcement of information they wish to perpetuate memory, which added to another strategy and visual resource make the right and the left hemisphere of the brain work together in the storage and retrieval information. The contribution of this work is the suggestion of using the proposed tools, which when associated with traditional techniques and methodologies applied to learning and memorization of the elderly persons, as experience obtained by this research team, can lead the caretakers of the elderly persons to achieve satisfactory results in the rescue of citizenship.

Keywords: Elderly Persons; Knowledge Maps; Memorization; Self-Esteem; Citizenship.

1. Introdução

A vida média da maioria dos povos, e o Brasil não é exceção, têm aumentado significativamente. Em alguns destes países, os índices deste incremento de vida ocorre em maior proporção em relação a outros. Segundo a Organização Mundial de Saúde (http://gamapserver.who.int/gho/interactive_charts/mbd/life_expectancy/atlas.html) o Brasil apresenta uma expectativa de vida acima dos 70 anos de idade, o que fará com que muito em breve seja uma nação de longevos (VERA; 2003). Esta expectativa cresce a cada censo realizado desde então.

Infelizmente o acréscimo de quantidade de anos ao idoso não é acompanhado do mesmo acréscimo em qualidade de vida. Percebe-se em todas as faixas sociais a discriminação para com os mesmos, principalmente quando tentam voltar ao mercado produtivo. Discriminação e descasos são frequentes para com os idosos, mesmo com tantas leis que os favorecem e com a atuação de entidades sociais que se preocupam, reivindicam e lutam pelos direitos dos idosos.

Segundo Caldas e Saldanha (2004) um dos problemas que merecem a atenção diz respeito à necessidade de se garantir as condições que propiciem o envelhecimento com dignidade. Apesar das leis e simpatizantes, a maioria dos idosos ainda experimenta uma carência nessa fase.

Segundo Sarti (1993) a família torna-se o centro básico de convivência do idoso, trazendo consigo os elementos básicos da vida, e deixando de lado o convívio social e profissional do idoso e, desta forma, todo o relacionamento do idoso passa a ser praticamente exercido com parentes.

É comum, entre os parentes, destacar-se um que assume as atribuições de cuidador (acompanhante) principal do idoso. O mesmo assume tarefas de cuidados diários atendendo às necessidades do idoso e responsabilizando-se por elas. Este trabalho busca trazer e

apresentar novas técnicas e ferramentas que venham dar suporte ao cuidador para que o idoso novamente possa se reintegrar tanto familiarmente, quanto na sociedade.

O ambiente ao qual o idoso está inserido possui papel importante no processo de resgate à cidadania. É primordial que esse ambiente apresente as condições mínimas e necessárias para que as lembranças trabalhadas sejam resgatadas de forma eficiente e em curto prazo, já que, para os idosos, o tempo é um bem muito precioso.

Em relação ao ambiente em que se encontra uma pessoa submetida a um processo de aprendizagem, vale ressaltar uma das pesquisas de McLuhan (1967) sobre o meio onde o aprendizado e a informação a ser resgatada e memorizada estão contextualizados. Por meio desta pesquisa é possível perceber que cada tipo de estudo ou trabalho está diretamente relacionado com o meio físico no qual o processo está sendo efetivado.

McLuhan define os meios como frio e quente, onde os meios quentes são ricos em informações e ruídos, o que, no caso dos idosos, o excesso de informações e ruídos pode causar dispersão do foco do que se deseja ensinar ao idoso. Já nos meios frios, com baixo ruído, fica mais fácil focar um determinado assunto, principalmente ao se utilizar as ferramentas propostas neste trabalho. Entenda-se como ruído, tudo o que não é informação, tudo que concorre com a informação. Desta forma, no meio onde se vão aplicar as ferramentas propostas nesta pesquisa, movimentação periférica e assuntos periféricos, enfim, tudo que estiver fora do contexto da informação deve ser evitado para tornar o meio mais menos quente possível.

Assim, ao se trabalhar o resgate e memorização de informações com os idosos, deve-se realizá-los com somente uma atividade por vez, evitando desta forma, o uso de um conjunto de atividades paralelas. Estudos feitos por Miller & Seger (2010) provam que realmente pouco ou nada se aprende com a inserção de música, animações e outros recursos que tornam o meio mais quente. Este tipo de meio dificulta atividades cognitivas, sendo adequado preferencialmente onde se busca o treino de habilidades motoras, como aborda os estudos feitos por Miller & Seger (2010) e McLuhan (1967).

A teoria sobre mapas mentais (BUZAN; 1996) explica o motivo de um gráfico ou uma figura ficar mais tempo gravada na memória do que um texto. A partir deste ponto, os mapas mentais acabam funcionando não só porque o lado direito do cérebro está menos sobrecarregado, mas sim devido aos textos serem processados sequencialmente pelo cérebro, enquanto as imagens são processadas em paralelo, como um todo, utilizando mais o hemisfério direito do cérebro, o qual possui menos sobrecarga nas tarefas diárias do que o hemisfério esquerdo.

Desta forma, uma informação memorizada também pelo hemisfério direito do cérebro, se liga a várias outras armazenadas também pelo hemisfério esquerdo, disponibilizando um conjunto maior de informações associativas ou complementares que auxiliam no resgate e memorização de outras informações. O ato de se lembrar de uma imagem é mais rápido,

mais simples para o cérebro processar, do que o ato de se buscar uma determinada informação textual (memória semântica) (IZQUIERDO; 2010).

Portanto, de tais autores e de experimentos realizados nesta pesquisa, o processo de extração de conteúdo, mesmo textual, dentro de um gráfico ou figura, quando realizado pelo lado esquerdo do cérebro junto com o lado direito do cérebro, é um processo com mais chances de sucesso (intuição e lógica trabalhando em conjunto) do que apenas o uso do hemisfério esquerdo.

As ferramentas propostas neste trabalho denominadas Mapas de Conhecimento e Ferramenta de Memorização Permanente de Aprendizado 2n oferecem uma solução na busca da sedimentação e memorização progressiva dos assuntos que se deseja resgatar (lembra).

Uma vez que o processo de recuperação de memória tenha obtido êxito, torna-se importante identificar uma forma de se fixar o conhecimento recuperado. Diante deste desafio, este trabalho, após várias experimentações, concluiu por uma metodologia de fixação de conteúdo, utilizando o que foi denominado por “Reforço 2n”. Esta relação de um reforço conceitual em intervalos de tempo, em dias, de 2n, garante que as lembranças recuperadas ficarão memorizadas pelo idoso eficazmente desde que os intervalos de recordação sejam mantidos.

Assim sendo, este trabalho tem como objetivo fornecer um conjunto de técnicas e ferramentas que permitam a um cuidador aplicá-las ao idoso, de forma que o mesmo possa reter informações e conceitos enquanto saúde mental tiver, facilitando o resgate à autoestima, a reintegração à família, à sociedade e por fim, quando possível, até mesmo ao mercado de trabalho.

Este trabalho está dividido em seções onde a seção 2 apresenta um modelo de mapeamento entre categorias utilizando funtores; a seção 3 apresenta uma ferramenta de aprendizado utilizando Mapas de Conhecimento; a seção 4 apresenta uma ferramenta de memorização utilizando o conceito de reforço 2n; a seção 5 apresenta um estudo de caso com idosos utilizando as ferramentas propostas neste trabalho; a seção 6 apresenta os resultados obtidos e, por fim, a seção 7 apresenta as conclusões a que se chegou neste estudo.

2. Resgate do Idoso por Meio de Categorias

Da teoria de funtores (ASPERTI; 1991), tem-se que, para se implementar um funtor entre duas categorias, deve-se cumprir a exigência mínima de que as duas categorias possuem os mesmos objetos e morfismos equivalentes. O funtor é a entidade matemática que garante que, ao ser estabelecido, o processo de aprendizado torna-se propício a ocorrer. Assim, no processo de resgate do idoso à família, à sociedade e ao mercado de trabalho, destacam-se duas categorias, uma representada por uma pessoa acompanhante (cuidador) e

outra por um idoso, respectivamente, sendo que estas categorias devem possuir os conceitos e ferramentas básicas (similares ou equivalentes) necessárias para o resgate e memorização dos conhecimentos que se quer dotar ao idoso, isto é, deve-se estabelecer por meio das categorias uma comunicação e uma identificação entre o idoso e o cuidador.

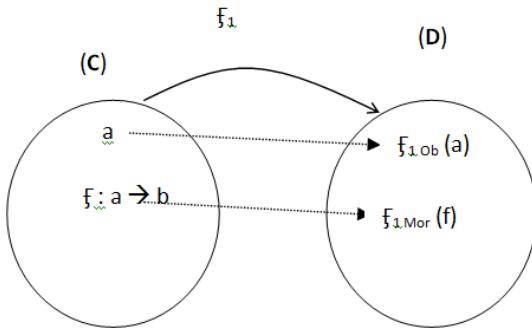
Desta forma, determinados conhecimentos (estabelecidos pelo funtor) serão trabalhados de forma a resgatar progressivamente as lembranças e conceitos (aqui chamados de objetos) existentes na memória do idoso, bem como a manipulação e domínio (aqui chamados de morfismos) desses conhecimentos básicos. Se na categoria do idoso faltar algum objeto (ter alguma lembrança inventada ou que não fez parte da vida do idoso) ou um morfismo (saber trabalhar essa lembrança), a aplicação do funtor (resgate das lembranças) fracassará.

Um funtor, de uma forma mais simplificada, representa a viabilidade e a forma com que o cuidador irá interagir com o idoso para poder resgatar os conhecimentos e lembranças do mesmo. Este mapeamento entre o idoso e cuidador, no caso o funtor, é o que, uma vez estabelecido, permite que o que se busca resgatar vai obter o sucesso desejado.

O cuidador (categoria cuidador), antes de iniciar o resgate, deve dotar o idoso (a categoria Idoso) dos objetos e morfismos fundamentais para o estabelecimento do funtor, o que o levará a se integrar progressivamente, primeiro à família, depois à sociedade e finalmente ao mercado de trabalho.

A Figura 42 apresenta um diagrama composto por duas categorias, de forma a se permitir a identificação dos seus componentes teóricos. Destacam-se nesse diagrama as categorias (C e D), os funtores (F_1), os objetos(a e b) e os morfismos (F_{1Mor}), onde cada conteúdo (objeto) presente na categoria C (Cuidador) representa os conhecimentos e lembranças necessárias a se resgatar junto à categoria Idoso. Cada morfismo (F_{1Mor}) ligando a categoria do Cuidador (C) à do Idoso (Categoria D) representa a forma ou o método de se trabalhar esse resgate.

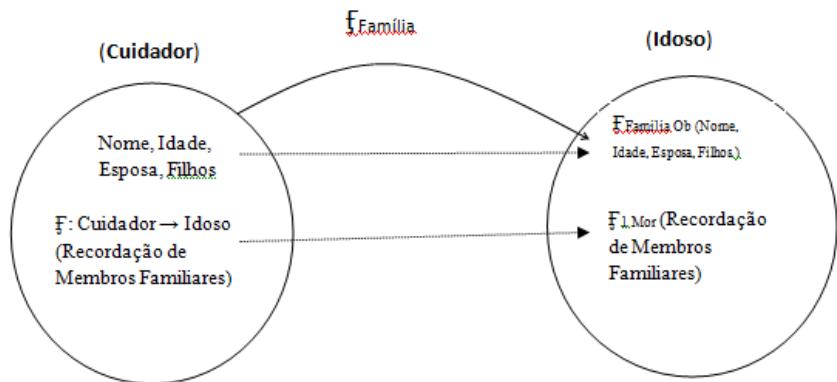
Figura 42 - Diagrama de Categorias, Funtores, Objetos e Morfismos



Fonte: Elaborado pelo autor

Desta forma, só é levado da categoria Cuidador (C) à categoria Idoso (D) aqueles conceitos e lembranças que realmente tenham alguma relação com o objetivo de lembrança estipulado, bem como, os métodos que sejam mais adequados ou aderentes ao resgate dos conceitos. Um exemplo prático que aborda o diagrama apresentado na Figura 42 pode ser visto na Figura 43. Nesta Figura 43 tem-se um diagrama com os componentes pertencentes a uma integração do idoso à família.

Figura 43 - Mapeamento dos objetos e morfismos por meio de funtores relacionados à família



Fonte: Elaborado pelo autor

O foco do resgate neste diagrama está na recordação de conhecimentos relativos ao idoso e aos membros familiares. Inicia-se pela recordação do próprio nome, idade, quem é a esposa dele, quem são os filhos dele, e outros parentescos mais próximos e que fazem parte do cotidiano do idoso. No diagrama da figura 43 é apresentado um mapeamento dos objetos (termos e conteúdos) necessários ao resgate do idoso. Neste mapeamento, indicados pelo funtor “Família”, os objetos são discriminados por: (Nome, Idade, Esposa e Filhos). O

morfismo é discriminado por (Recordação de Membros Familiares) e o funtor é representado por ($F_{Família}$).

Com base na figura 43, uma pergunta fundamental surge.

- Como iniciar o processo de resgate dos conhecimentos?

As respostas a este novo questionamento são enumeradas a seguir:

1. Deve-se restringir ao máximo ao contexto do idoso. Durante o processo de resgate, os exemplos elaborados devem pertencer ao cotidiano da pessoa. Em hipótese alguma deve-se fornecer exemplos fantasiosos (mesmo que bem intencionados e lúdicos) que não estejam relacionados às atividades realmente já exercidas pelo idoso.
2. Após solucionar o problema do item 1, deve-se iniciar o resgate das lembranças pelo estabelecimentos de funtores com conhecimentos pontuais que exijam da categoria Idoso a menor quantidade possível de objetos e morfismos.
3. Deve-se evitar o excesso de inserção de objetos e morfismos que possam vir a confundir o idoso. O excesso de informação que foge ao foco do que se quer recordar, torna o meio mais quente, tirando a atenção do idoso do que se deseja transmitir, além de bloquear o processo cognitivo de memorização. Esta atitude causaria uma tentativa por parte do idoso de tentar anexar tais informações à categoria do Idoso, tornando mais complexo o estabelecimento do funtor e podendo levar o processo ao fracasso. Assim, os excessos de objetos e morfismos são tão indesejáveis quanto a sua falta.

Desta forma, uma vez identificadas as subcategorias, os objetos e morfismos essenciais e necessários nas categorias Cuidador e Idoso, propõe-se, a seguir, uma ferramenta singular, original, capaz de dotar ao idoso, de uma forma gradativa e visualmente estimulante, os conhecimentos a serem recordados.

3. Mapas de Conhecimento: Raio do Conhecimento e Área da Ignorância

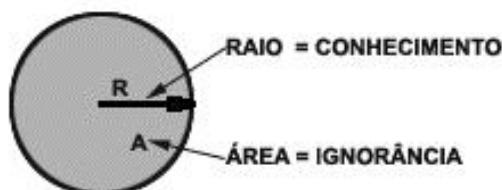
A ferramenta “Raio do Conhecimento e Área da Ignorância” (Mapa de Conhecimento) é utilizada, no contexto deste artigo, para dotar os idosos das recordações mínimas, necessárias e essenciais ao resgate do idoso ao meio familiar, social e ao mercado de trabalho.

O ideal neste contexto seria começar a recordar todas as lembranças do idoso, desde a mais tenra idade, mas isto é impraticável. Porém, deve-se ater àquilo que se quer recordar,

com que objetivo e com que grau de conhecimento e maturidade. O Raio do Conhecimento e Área da Ignorância está fundamentado da seguinte forma:

- 1) Tem-se um círculo onde o raio representa o conhecimento que se tem ou se quer recordar e, a área representa a ignorância de conceitos e definições que este raio desperta no idoso. Assim, por meio de experimentações, concluiu-se que tanto a área da ignorância, quanto a área do círculo cresce proporcional ao quadrado do raio do conhecimento que se deseja recordar. Desta forma, é fundamental que a primeira recordação, isto é, o primeiro conhecimento a ser estabelecido ao idoso tenha o menor raio possível, de tal forma que se possa, em curto prazo, eliminar toda a ignorância associada a este conhecimento. Um exemplo de raio mínimo seria iniciar a lembrança pela recordação do próprio nome do idoso, seguido de quem é ele, quem foi, o que fazia, da importância que exercia na família e sociedade.
- 2) É fundamental iniciar o processo de reintegração do idoso pelo menor raio possível, o “raio inicial das lembranças”, o qual é representado pelas lembranças consolidadas citadas no item 1 desta numeração. Este raio é aquele dentro da área do círculo onde a área inicial da ignorância não apresenta dúvidas ou informações errôneas. A partir desta base pode-se afirmar que novas recordações poderão ser reativadas ao idoso. Nesta teoria dos Mapas de Conhecimento, as ignorâncias ou dúvidas a serem esclarecidas são apresentadas na área do círculo, internamente, por interrogações indexadas, as quais não existem na área inicial da ignorância, conforme mostrado na Figura 44.

Figura 44 - Raio do conhecimento e Área da ignorância

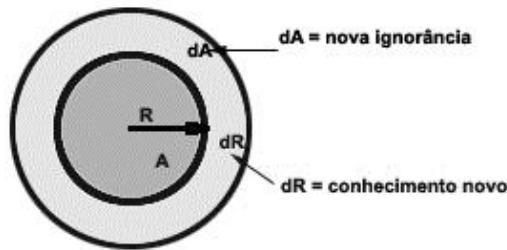


Fonte: Elaborado pelo autor

- 3) O uso dos Mapas de Conhecimentos para dotar aos idosos de estratégias visuais que garantam a assimilação das lembranças trabalhadas, prossegue identificando o menor raio de lembranças (conhecimento) (dR) que deve ser proposto ou trabalhado com o

idoso, de tal forma a gerar o menor acréscimo (dA) na área de sua ignorância, conforme Figura 45.

Figura 45 - Nova lembrança implica em nova área de ignorância



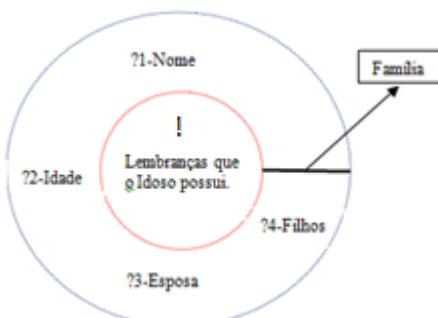
Fonte: Elaborado pelo autor

- 4) Desta forma, cada módulo (lembrança nova) deve apresentar um incremento controlado da lembrança a ser recordada.
- 5) A partir do raio mínimo de lembranças (ou conhecimentos), as lembranças seguintes partem dessas lembranças iniciais (aquilo que o idoso ainda consegue se lembrar). A esta lembrança inicial, no Mapa de Conhecimento, é denominado por pré-lembrança a qual fará parte da área das lembranças iniciais, ou seja, toda área de ignorância, em uma nova etapa, é transformada em área de lembrança pré-recordada e simbolizada no mapa por um sinal de exclamação indexado.

Toma-se como exemplo, um mapeamento estabelecido entre um cuidador e um idoso com o objetivo de se recordar os membros da família, conforme mostrado na Figura 43.

Uma vez identificado quais serão os membros familiares que serão recordados e como será feito esse resgate, pode-se elaborar o mapa de conhecimento, composto pelo raio de conhecimento e a área da ignorância, conforme pode ser visto na Figura 46.

Figura 46 - Raio do Conhecimento = Lembrança da família



Fonte: Elaborado pelo autor

O processo de padronização desta estrutura inicia-se colocando uma interrogação com o nome foco da lembrança, sem se preocupar em conceituá-la, bastando apenas saber que ela existe. Este mapa ou diagrama tem como objetivo ativar e despertar a participação do lado direito do cérebro no processo de memorização das lembranças.

Como o lado direito é geralmente menos atarefado do que o esquerdo, a memorização de imagens é mais duradoura do que a de textos, o que facilitará o resgate das informações contidas nas imagens (por imagens pode-se supor neste contexto, a disposição de fotografias de pessoas ou locais que representem as lembranças que se quer resgatar). É importante, sempre que possível, utilizar fotografias que ajudem no processo de resgate das lembranças que serão trabalhadas junto ao idoso.

A partir da estrutura do Raio do Conhecimento e Área da Ignorância, pode-se complementar a mesma com a formatação de um texto que permita associar a todas as lembranças presentes na figura 46, uma explicação sobre os conhecimentos já sedimentados pelo idoso. Assim, este texto passa a apresentar as recordações que o idoso ainda possui (retém), e uma explicação sobre aquelas lembranças que já estão perdidas, mas que se deseja recordá-las, tornando efetiva a participação da parte cognitiva do lado esquerdo do cérebro. A Figura 47 exemplifica um tipo de formatação textual das lembranças presentes na Figura 46.

Figura 47 - Formatação textual do Raio do Conhecimento e da Área da Ignorância

| |
|---|
| LEMBRANÇAS |
| dr = Lembranças = Lembrar-se de si e de membros familiares. |
| LEMBRANÇAS JÁ ENRAIZADAS |
| daP = Lembranças já memorizadas pelo idoso. |
| LEMBRANÇAS A RECORDAR |
| da = Recordar |
| ?1 – Lembrar-se de si mesmo. De quem se é. (Fotos de si próprio). |
| ?2 – Lembrar-se da própria idade. |
| ?3 – Lembrar-se da esposa. (Fotos da esposa). |
| ?4 – Lembrar-se dos filhos. (Fotos dos filhos). |

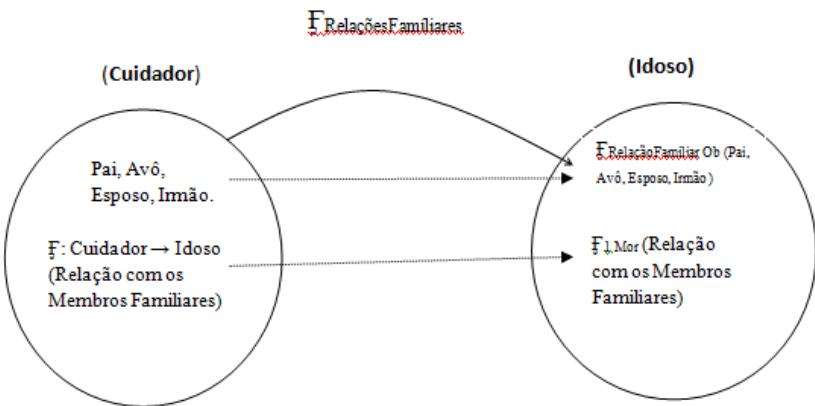
Fonte: Elaborado pelo autor

Observe a estrutura da Figura 48. A mesma não só formaliza a formatação, mas permite ao cuidador do idoso que está elaborando o mapa de conhecimento verificar se o mesmo foi montado corretamente.

Uma vez conhecidas e recordadas todas as dúvidas do mapa montado, pode-se montar o Mapa de Conhecimento de um novo conjunto de recordações que terá como pré-lembranças, as lembranças já adquiridas. É fundamental que um conjunto novo de

lembranças tenha algum relacionamento com as lembranças já enraizadas, para que se possa criar um vínculo entre elas. Como exemplo, tem-se um segundo funtor com o objetivo de se explorar as relações familiares do idoso, conforme pode ser visto na Figura 48.

Figura 48 - Mapeamento mostrando a relação familiar do idoso com os demais membros da família

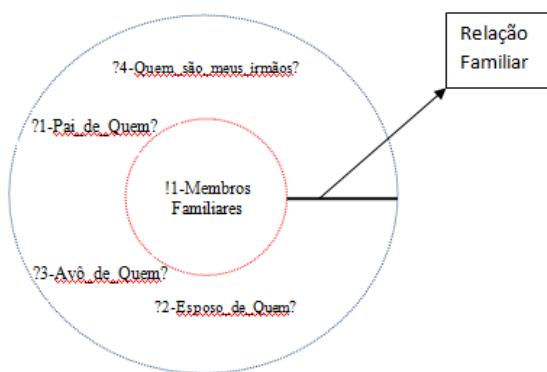


Fonte: Elaborado pelo autor

Por meio da Figura 49 é possível perceber o avanço gradativo na quantidade de objetos (informações) que serão novamente recordadas ao idoso. Em um primeiro momento, tratou-se de resgatar a autoestima do idoso, mostrando quem ele é, sua idade e outras informações referentes ao seu autorreconhecimento. Neste segundo mapeamento, o foco passa a ser a relação que existente entre o idoso e os demais membros familiares próximos, como, por exemplo, esposa, filhos, netos e irmãos.

A partir da Figura 48 pode-se montar o mapa de conhecimento com essas novas informações. A Figura 49 apresenta a formatação desse mapa de conhecimento.

Figura 49 - Raio do Conhecimento e Área da Ignorância – Relações Familiares



Fonte: Elaborado pelo autor

A Figura 49 apresenta o raio do conhecimento e a área da ignorância quando aplicados ao processo de recordação da relação familiar vivida pelo idoso. Nesta etapa, os questionamentos trabalhados focam na recordação de laços e relações familiares, com o objetivo de se recordar quem são os filhos do idoso, quem são os netos, irmãos, esposa, e, aprofundando, tem-se sobrinhos, genros, noras, cunhados e assim por diante.

A partir do raio do conhecimento e da área da ignorância apresentados na Figura 49 é possível montar a formatação textual presente na Figura 50.

Desta forma, segue-se montando um organograma das lembranças resgatadas. A padronização e organização destas recordações permitem montar um histórico do que já foi lembrado, em que momento foi lembrado e quais pontos merecem serem recordados.

Figura 50 - Formatação textual do Raio do Conhecimento e da Área da Ignorância – Relação Familiar

| |
|---|
| LEMBRANÇAS dR = Lembranças = Recordar relações familiares. |
| LEMBRANÇAS JÁ ENRAIZADAS dap = I1 - Lembranças sobre si próprio. Resgate inicial de sua autoestima. |
| LEMBRANÇAS A RECORDAR dA = Recordar |
| ?1 - Relação de Pai. Quem são seus filhos? (Fotos dos filhos). ?2 - Quem é sua esposa? (Foto da esposa) ?3 - Relação de Avô. Quem são seus netos? (Fotos dos netos). ?4- Quem são seus irmãos? (Fotos dos irmãos). |

Fonte: Elaborado pelo autor

Essa organização permite também ao cuidador verificar os momentos ou situações onde somente as informações textuais e fotografias não alcançam os resultados esperados, podendo a partir de este ponto ser necessário inserir novas ferramentas cognitivas, como por exemplo, jogos com informações referentes aos membros familiares. Destaca-se que qualquer tipo de jogo deve ser trabalhado em um ambiente de meios frios, sendo importante evitar desta forma, o uso de computadores, animações e afins. O uso de computadores, neste tipo de situação, pode ser usado para se gerar os elementos do jogo e imprimi-los.

Após o processo de recordação das lembranças em conjunto com o idoso, surge um novo questionamento.

- A partir deste momento, como fazer para que o idoso não tenha que, a cada nova recordação, ter de recordar as lembranças já trabalhadas?

Experimentações permitiram inferir uma solução singular, eficiente e efetiva, denominada **Ferramenta de Reforço 2ⁿ**. Concluiu-se com os experimentos relacionados a

esta ferramenta que, para que um aprendizado seja fixado é importante reforçá-lo em uma relação de 2^n . Esta relação de 2^n garante que as recordações relembradas serão fixadas pelo resto da vida, isto é, ao praticá-la pode-se ter uma memorização duradoura e eficiente.

4. Ferramenta de Memorização Permanente do Aprendizado: 2^n

Este estudo sobre memorização, relacionado à prática de reforço 2^n foi iniciado pela verificação de que as novas informações recebidas pelo cérebro normalmente tendem a se perder e serem esquecidas, caso não sejam reforçadas com um novo acesso em um determinado período de tempo.

Trabalhando com idosos, observou-se que quase sempre eles se lembravam de fatos ocorridos durante sua infância, adolescência e mocidade, e quase nada se lembravam de fatos ocorridos a dois ou três dias atrás. Isto foi o início da inferência que direcionou a pesquisa a buscar e determinar o intervalo de tempo para se recordar e reutilizar um conhecimento no processo de memorização, para que o mesmo nunca fosse esquecido.

Com base nesta observação pode-se concluir empiricamente que o tempo entre reforços não é linear, o qual pode ser representado por um fator, em dias, de 2^n , onde n é um número Natural e 2^n representa o número em dias.

Portanto, para que uma informação nova seja memorizada e consolidada, a mesma deve ser revista no dia seguinte, isto é, em 1 dia (2^0). Depois disto, a mesma informação deve ser revista em 2 dias (2^1), posteriormente deve-se rever a mesma informação em 4 dias (2^2), depois em 8 (2^3) dias, em 16 (2^4) dias, de mês em mês, de dois em dois meses, de quatro em quatro meses, de oito em oito meses, e assim por diante, até chegar em um ponto onde pode-se dizer que a informação está praticamente consolidada, já que em um certo momento, o fator 2^n resultaria em valores superior a algumas décadas.

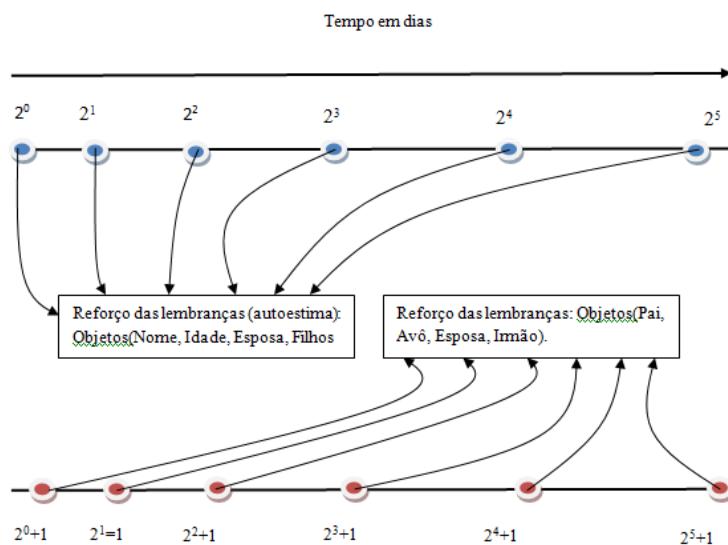
Quando se segue o fator de memorização 2^n , pode-se atestar a uma pessoa normal e saudável, que o conhecimento não mais será perdido. Segundo Izquierdo (2010), tanto a memorização quanto a aprendizagem baseiam-se nas trocas de informações entre os neurônios transmissores de diversos setores do cérebro, promovendo desta forma, a troca de informação, busca e sedimentação de conhecimentos.

Quando se faz uma busca de um conhecimento, as ligações eletroquímicas das sinapses dos neurônios transmissores são reativadas e fortalecidas. Quanto maior for o número de vezes que forem utilizadas, menor será a chance das ligações eletroquímicas se enfraquecerem a tal ponto de se perder a informação.

Este reforço no processo de sedimentação das lembranças pode ser obtido aplicando-se diferentes estratégias de repetição de objetos já trabalhados, como por exemplo, aplicar novos mapas de conhecimento que recordem, na área de pré-conhecimentos, as lembranças já trabalhadas em conhecimentos anteriores.

A Figura 51 apresenta um exemplo de aplicação da ferramenta 2^n em conjunto com funtores e raio do conhecimento e área da ignorância. Neste exemplo, tem-se um trabalho encadeado onde em um primeiro dia, o cuidador pode trabalhar com o idoso os conceitos referentes à autoestima e no dia seguinte (2^n+1) podem-se trabalhar as relações familiares. Diante das características peculiares de cada idoso, esse intervalo entre as aplicações da ferramenta 2^n pode ser mais espaçado, chegando a um valor confortável e adequado que não sobrecarregue o bem estar do idoso.

Figura 51 - Aplicação da ferramenta 2^n em conjunto com funtores e raio do conhecimento e área da ignorância (fora de escala)



Fonte: Elaborado pelo autor

A seção 5 apresenta um estudo de caso com as ferramentas propostas neste trabalho.

5. Estudo de Caso.

O caminho a ser seguido no resgate de um idoso em sua cidadania, deve primeiramente passar pelo âmbito familiar, permitindo ao mesmo o reconhecimento de si próprio, como alguém que ainda é, e não como alguém que um dia foi.

O objetivo deste estudo foi aplicar as ferramentas propostas neste trabalho em um ambiente real, e analisar os dados obtidos com meta na possibilidade de validação de

resultados que representem o resgate do idoso de forma participativa ao convívio familiar e social.

Este estudo de caso utilizou uma amostra populacional de idosos composta por 13 pessoas, sendo os mesmos residentes na cidade de Araguari (MG), com faixa etária acima de 70 anos, sem nenhum problema de saúde mental (doença que impeça o raciocínio), que viva com a família ou que estejam fora da sociedade, isto é, possuem pouco contato com as pessoas, passando boa parte do tempo isoladas/sozinhas.

Este estudo teve duração de 16 meses (o equivalente a 2⁹ dias) onde foram trabalhados 3 funtores (3 grupos de lembranças temáticas).

Cada encontro teve duração de 40 minutos. As ferramentas utilizadas nestes encontros incluíam fotografias, músicas, jogos lúdicos (em meios frios) e objetos disponibilizados por familiares que tinham relação com fatos ocorridos na vida do idoso.

Em relação aos cuidadores que participaram do estudo de caso, tem-se que para aqueles idosos que residiam com os familiares, o cuidador principal esteve representado por um filho(a) e, para os demais, o cuidador principal nem sempre estavam representados por uma pessoa fixa.

Os 3 grupos temáticos trabalhados foram:

- 1) Auto Reconhecimento (Autoestima): Identificação de si próprio, realçando o seu papel de indivíduo dentro da família ou do ambiente em que vive; relembrando sua idade, sua condição de esposo (a) (nos casos em que ainda possuía um companheiro(a)); sua condição de pai, com a identificação de seus filhos;
- 2) Relações Familiares: Identificação e relação entre os filhos, os netos, os irmãos ainda presentes, relação com as atividades que cada um dos membros familiares desempenha ou desempenhou dentro da família.
- 3) Relação Extra Familiar: Identificação das atividades/profissão exercida pelo idoso, hábitos frequentes ao longo dos anos, jogos, passatempos e lembranças de lugares frequentados pelo idoso.

6. Discussão de Resultados

Durante a aplicação das ferramentas neste estudo de caso, perceberam-se mudanças significativas entre os idosos acompanhados. O ponto principal que se destaca em primeiro plano é a receptividade por parte do idoso em participar deste tipo de projeto. Fica evidente a alegria e satisfação em poder exercer o contato com pessoas fora de seu círculo de convivência.

A tabela 1 apresenta a quantidade de idosos que conseguiram efetivamente manter um valor percentual de recordações na memória até o final do estudo de caso.

Tabela 1 - Relação entre o percentual de recordações por grupos temáticos

Tabela 1. Relação entre o percentual de recordações por grupos temáticos mantidos até o final do estudo de caso por número de idosos.

| | Grupo Temático 1 | Grupo Temático 2 | Grupo Temático 3 |
|--|------------------|------------------|------------------|
| Manteve ao final do estudo de caso menos de 50% das recordações trabalhadas. | Nenhum Idoso | 2 Idosos | 2 Idosos |
| Manteve ao final do estudo de 50% a 70% das recordações trabalhadas. | 1 Idoso | 2 Idosos | 3 Idosos |
| Manteve ao final do estudo de caso mais de 70% das recordações trabalhadas. | 12 Idosos | 9 Idosos | 8 Idosos |

Os resultados apresentados na tabela 1 permitem verificar que referente ao grupo temático 1, todos os idosos mantiveram suas lembranças e recordações sobre si mesmo (se auto conhecer novamente) até o final do estudo. Este dado é importante porque contrasta com um cenário inicial onde a quase totalidade dos idosos mal se lembravam de quem realmente eram no início do estudo. Muitos desconheciam o nome completo e a própria idade.

Esse trabalho de recordação e memorização das lembranças permitiu que ao final do estudo muitos idosos já possuíssem uma quantidade grande e suficiente de informações sobre si a ponto de poderem manipula-las e, realizarem inferências com as mesmas, permitindo desta forma iniciar um grau de interação com os membros familiares.

O gráfico 1 apresenta uma relação de desempenho da quantidade percentual de lembranças recordadas por grupos temáticos. Este gráfico permite identificar que os pontos que mais motivaram os idosos sempre estavam ligados às recordações de si mesmos, isto é, sua autoestima. Somente o grupo temático número 3 apresentou baixo percentual de recordação. A quantidade de objetos trabalhados nesse grupo foi muito grande a ponto de se ter que recordar muitas vezes pontos já trabalhados.

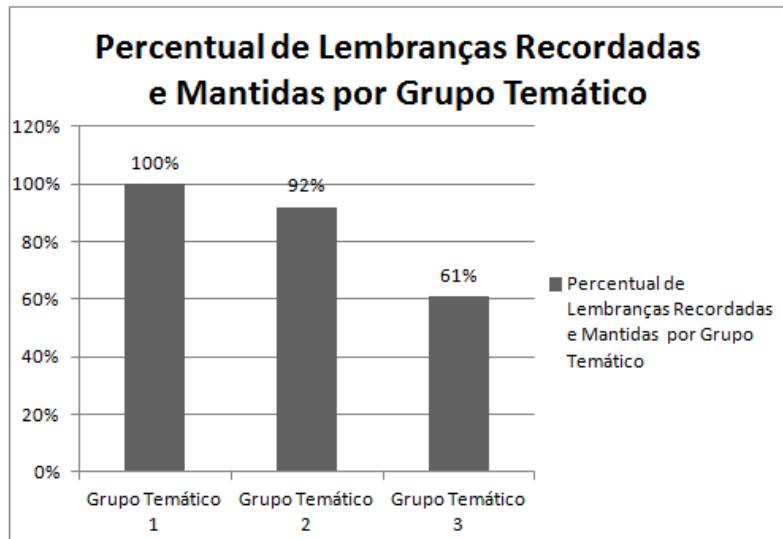


Gráfico 1 - Relação percentual entre grupos temáticos sobre a quantidade de lembranças memorizadas até o final do estudo

Um ponto importante nos resultados obtidos nesta pesquisa diz respeito ao estímulo aplicado ao cérebro por meio de exercícios que trabalhem a memorização e a relação entre informações. Por meio do gráfico 2 pode-se perceber que com o tempo, a quantidade de informações retidas pelo cérebro do idoso aumenta significativamente.

À medida que lembranças antigas são recordadas, as associações entre essas lembranças permitem evocar de maneira rápida um conjunto de outras lembranças com as quais tenham relação. Este fato permitiu agilizar as atividades praticadas durante os encontros, isto é, em determinadas recordações, bastavam apenas alguns objetos ou fotografias sobre o ponto em questão.

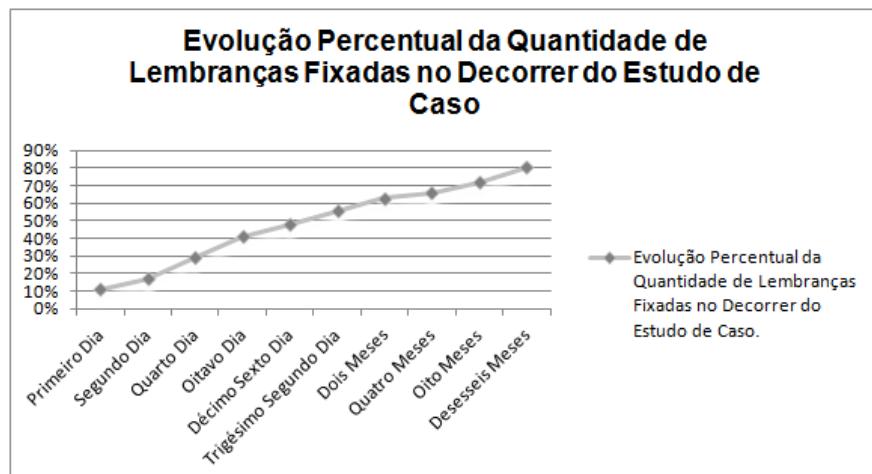


Gráfico 2 - Evolução percentual da quantidade de lembranças fixadas durante o estudo de caso

7. Conclusões

A expectativa de vida dos idosos aumentou significativamente na última década. Isto ocorre mais em quantidade do que em qualidade, o que se pode perceber devido ao fato de existirem poucos trabalhos que avaliam os métodos de reintegração dos idosos à família, à sociedade e ao mercado de trabalho. Muitas pesquisas focam pontualmente na identificação e tratamento de sintomas que afigem os idosos, principalmente, aqueles decorrentes de estados emocionais que englobam a depressão, solidão e isolamento. Estes sintomas apontam pela deficiência na qualidade desta sobrevida alcançada. Identificar e tratar esses sintomas são de grande importância, tanto nas pesquisas quanto na clínica, porém, tão ou mais importante é a adoção de novas medidas e paradigmas profiláticos que apontem alternativas que resgatem os idosos à autoestima, à família e à sociedade, o que poderia, em grande parte, evitar os sintomas decorrentes de seu isolamento social.

A decadência dos processos de memorização e cognição dos idosos são fatores que contribuem em grande parte para este tipo de problema. Este artigo apresentou soluções e ferramentas que podem auxiliar na maximização dos processos de memorização e aprendizado, componentes fundamentais para o resgate do idoso à cidadania.

O presente estudo apresenta um conjunto de ferramentas cognitivas que podem ser utilizadas por pessoas próximas aos idosos, pessoas essas compostas por cuidadores/acompanhantes (membros familiares próximos) ou profissionais destacados a tais atividades (psicólogos, enfermeiros, terapeutas ocupacionais, outros).

Inicialmente mostrou-se a importância de se estabelecer uma categoria mínima exigida em um processo de comunicação eficiente, fundamentada na teoria de funtores da matemática. Para a eficiência desta comunicação, foi mostrada a importância de se estabelecer um mapeamento de objetos (elementos e conceitos) e morfismos (técnica que se aplica aos objetos) entre o cuidador e o idoso, equalizando as subcategorias do cuidador e idoso, fundamental para que o aprendizado se estabeleça.

Este artigo apresentou a ferramenta denominada **Raio do Conhecimento e Área da Ignorância**. Esta ferramenta assegura que o conhecimento a ser memorizado seja apresentado de forma gradativa, com o grau mínimo de dificuldade e conhecimentos necessários. Por utilizar os dois hemisférios simultaneamente no processo de memorização (hemisfério direito e esquerdo) e de lógica (hemisfério esquerdo), a ferramenta se revelou eficaz no resgate de informações presentes na memória do idoso. Este processo de resgate se mostrou efetivo principalmente com referência à memória recente, já que o resgate de

memória e conhecimentos recentes é um dos sérios problemas enfrentados pelo idoso. O processo de reforço agregado pela ferramenta denominada **Memorização Permanente 2ⁿ**, tornou ainda mais eficiente a manutenção de informações, sejam elas recentes ou mesmo de médio e longo prazo.

Este artigo mostrou também, que o idoso, caso não apresente problemas de saúde, como isquemia cerebral, derrames, Alzheimer, e outras que limitem o aprendizado e a memorização, é capaz de reter e resgatar informações, mesmo recentes. É muito comum se contratar um terapeuta uma ou duas vezes por semana para trabalhar a memória e a cognição do idoso, sendo que geralmente nestes atendimentos, não se costumam seguir o intervalo de tempo de 2ⁿ proposto neste trabalho. Ao se fazer isto, nota-se uma grande dificuldade de se obter as informações desejadas mesmo buscando-as com intervalos de tempo de alguns dias, como por exemplo, uma semana. O mesmo não ocorre quando se buscam informações ocorridas na infância, adolescência e idade adulta do idoso. As informações muito antigas acabam por seguir ou até mesmo ultrapassar o reforço de 2ⁿ proposto neste trabalho, de onde se conclui porque as mesmas são resgatadas tão facilmente. Ao seguir a razão 2ⁿ, resultado obtido e mostrado nesta pesquisa, as informações se preservam e ficam passíveis de serem resgatadas. Os problemas de apresentação de conceitos que exigem encadeamento lógico também obtiveram sucesso ao serem apresentados ao idoso utilizando subcategorias com o mínimo de objetos e morfismos necessários ao que se desejava transmitir, ou seja, aplicando a estratégia do **Raio do Conhecimento e Área da Ignorância**.

Por meio do estudo de caso, foi possível concluir a eficiência das ferramentas propostas. No corpo deste artigo, vários pontos positivos surgiram dos resultados obtidos, ressaltando que os estudos foram realizados com idosos sem problemas de saúde que comprometessem o aprendizado. Desta forma, dever-se-á realizar novos estudos para grupos de idosos com diversos tipos de patologias mentais para que se possa determinar, a cada grupo, os ajustes que se façam necessários. Exemplo: supondo 2⁹, dezesseis meses, pode ser que, passado os dezesseis meses, em algumas patologias ou atraso de aprendizado, seja necessário repetir três dias seguidos a informação. Apenas novos estudos poderão responder a esta observação.

Referências

ASPERTI, Andrea. Longo, Giuseppe. **Categories Types and Structures: An Introduction to Category Theory for the Working Computer Scientist**. Massachusetts: Foundations of Computing Series, MIT Press, 1991.

- BUZAN, Tony. BUZAN, Barry. **The Mind Map Book: How to Use Radiant Thinking to Maximize Your Brain's Untapped Potential**, Plume. New York, NY: Plume, 1996.
- CALDAS, C. P., SALDANHA, A. L. **A Saúde do Idoso: A Arte de Cuidar**. 2ed, Editora Interciênciac, 2004.
- IZQUIERDO, Ivan. **A Arte de Esquecer**. Vieira & Lent, 2a Edição. Rio de Janeiro, 2010.
- MCLUHAN, Marshall. **The Medium is the Message: An Inventory of Effects (with Quentin Fiore)**. Bantam Books. New York, 1967.
- SERGER, C.A. AND MILLER, E.K. **Category Learning in the Brain**. Annual Review of Neuroscience, Vol 33: 203 – 219, 2010.
- SARTI, C. A. **Família e individualidade: um problema moderno**. Texto preparado para mesa-redonda “Perspectivas de análise teórica da família”, no Seminário A Família Contemporânea em Debate. Instituto de Estudos Especiais da PUC de São Paulo, outubro de 1993.
- VERAS, R. **A longevidade da população: desafios e conquistas**. In: Revista Serviço Social & Sociedade – Velhice e Envelhecimento nº 75. São Paulo: Ed. Cortez, 2003.