

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
CENTRO INTERDISCIPLINAR DE NOVAS TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO
DOUTORADO EM INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO

ALBERTO BASTOS DO CANTO FILHO

**MOTRAC – MODELO DE TRAJETÓRIAS DE
APRENDIZAGEM CONCEITUAL**

Tese apresentada como requisito parcial para a
obtenção do grau de Doutor em Informática na
Educação

Orientador: Prof. Dr. José Valdeni De Lima
Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Liane Margarida
Rockenbach Tarouco

Porto Alegre
6 de outubro de 2015

CIP - Catalogação na Publicação

Canto Filho, Alberto Bastos do
MOTRAC - MODELO DE TRAJETÓRIAS DE APRENDIZAGEM
CONCEITUAL / Alberto Bastos do Canto Filho. -- 2015.
134 f.

Orientador: José Valdeni de Lima.
Coorientador: Liane Margarida Rockenbach Tarouco.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Centro de Estudos Interdisciplinares em Novas Tecnologias na Educação, Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação, Porto Alegre, BR-RS, 2015.

1. Informática na Educação. I. de Lima, José Valdeni, orient. II. Tarouco, Liane Margarida Rockenbach, coorient. III. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Reitor: Prof. Dr. Carlos Alexandre Netto

Vice-Reitor: Prof. Dr. Rui Vicente Oppermann

Pró-Reitor de Pós-Graduação: Prof. Dr. Vladimir Pinheiro do Nascimento

Diretor do CINTED: Prof. Dr. José Valdeni de Lima

Coordenador do PPGC: Prof. Dr. Eliseo Reategui



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
CENTRO INTERDISCIPLINAR DE NOVAS TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO

**ATA SOBRE A DEFESA DE TESE DE DOUTORADO
ALBERTO BASTOS DO CANTO FILHO**

Às quatorze horas do dia seis de outubro de dois mil e quinze, na sala 329 do PPGIE/CINTED, nesta Universidade, reuniu-se a Comissão de Avaliação, composta pelos Professores Doutores: Magda Bercht, Liane Ludwig Loder e Nival Nunes de Almeida para a análise da defesa de Tese intitulada "*Modelo de Trajetórias de Aprendizagem Conceitual (MOTRAC)*", do doutorando do Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação Alberto Bastos do Canto Filho, sob a orientação do Prof. Dr. José Valdeni de Lima e coorientação da Prof^a. Dr^a. Liane Margarida Rockenback Tarouco.

A Banca, reunida, após a apresentação e arguição, emite o parecer abaixo assinalado.

Considera a Tese aprovada

() sem alterações;

() e recomenda que sejam efetuadas as reformulações e atendidas as sugestões contidas nos pareceres individuais dos membros da Banca;

Considera a Tese reprovada.

Considerações adicionais (a critério da Banca):

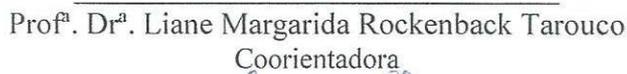
A BANCA RECONHECE A EXCELENÇA DO TRABALHO DESENVOLVIDO, BEM COMO O SEU INEDITISMO QUE CARACTERIZA UMA TESE DE DOUTORADO.

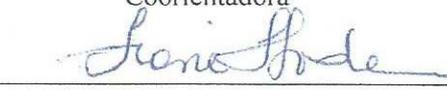
Porto Alegre, 06 de outubro de 2015.


Prof. Dr. José Valdeni de Lima
Presidente e Orientador


Prof^a. Dr^a. Magda Bercht
PPGIE/UFRGS


Prof. Dr. Nival Nunes de Almeida
UERJ


Prof^a. Dr^a. Liane Margarida Rockenback Tarouco
Coorientadora


Prof^a. Dr^a. Liane Ludwig Loder
UFRGS

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer aos meus orientadores, Prof. Dr. José Valdeni De Lima e Prof.^a Dr.^a Liane Margarida Rockenbach Tarouco, pelo compartilhamento de seu saber na elaboração desta tese, aos professores Márcio Gabriel dos Santos, Thaísa Jacintho Müller e Cristiano Lima Hackmann por suas colaborações como revisores e à minha família, por agregar significado, apoiar e motivar.

RESUMO

O presente trabalho avaliou o uso de Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) com o objetivo de melhorar os processos de ensino e de aprendizagem em cursos de engenharia. Com base na Teoria da Aprendizagem Significativa, Teoria da Carga Cognitiva, Teoria da Autodeterminação e Análise de Estilos de Aprendizagem foi desenvolvido um modelo que utiliza diagramas esquemáticos que definem caminhos possíveis de serem trilhados e assim permitir identificar trajetórias de aprendizagem conceitual. Para cada conceito a ser aprendido existem várias trajetórias de aprendizagem possíveis que podem ser modeladas através do modelo MOTRAC proposto que é uma das principais contribuições da Tese. Para mostrar a viabilidade do modelo proposto (MOTRAC) foram modelados diferentes Objetos de Aprendizagem, desenvolvidos e aplicados em situações reais de aprendizagem. Foi também mantido um grupo de controle que assistiu aulas expositivas tradicionais do mesmo conteúdo. O desempenho dos estudantes que aprenderam com os Objetos de Aprendizagem foi significativamente melhor do que o desempenho do grupo de controle devido a: (i) o Modelo de Trajetórias de Aprendizagem Conceitual garante o principal aspecto da aprendizagem significativa que é o ancoramento de novos conceitos em conceitos previamente conhecidos, (ii) os Objetos de Aprendizagem possibilitam implementar em larga escala algumas práticas da tutoria individual como o ajuste de ritmo e uma intensa interatividade de respostas; (iii) os Objetos de Aprendizagem permitem implementar processos de aprendizagem por descoberta guiada; (iv) os Objetos de Aprendizagem permitem introduzir fatores de motivação extrínseca, como atribuição de pontos adicionais a estudantes que resolvam questões; (v) os Objetos de Aprendizagem podem ser utilizados a qualquer hora, em qualquer lugar, permitindo que o estudante escolha hora e lugar mais convenientes para a aprendizagem. Outro aspecto relevante apresentado diz respeito à necessidade de um número mínimo de estudantes para assegurar a viabilidade econômica do desenvolvimento de Objetos de Aprendizagem. A metodologia proposta aborda os processos de ensino e aprendizagem sob uma perspectiva de projeto, isto é, adota uma linguagem que facilita a sua adoção por parte de professores que estejam mais familiarizados com as práticas de projeto do que com as teorias de aprendizagem.

Palavras-chave: Objetos de Aprendizagem, Modelo de Trajetória de Aprendizagem, Projeto de Objetos de Aprendizagem.

Conceptual Learning Trajectory Model

ABSTRACT

This work evaluates the use of Information and Communication Technology to improve learning and teaching processes in engineering courses. Based on Meaningful Learning Theory, Cognitive Load Theory, Auto-determination Theory and Learning Styles Analysis, a model that uses schematic diagrams to describe meaningful learning trajectories has been developed. These diagrams are used to project meaningful learning objects in a framework called Project Based on Learning Trajectories. Learning Objects produced with this framework have been used in experimental studies that compare the performance of students who have learned using Learning Objects against the performance of students who have learned in typical engineering classrooms. A comparative analysis of knowledge tests shows significant better performance of students who learned using Learning Objects due the following reasons: i) The proposed Model of Meaningful Learning Objects and Project Based on Learning Trajectories framework ensures a Learning Object development that presents propositions connecting new information to students' previous knowledge, i. e. it assures the main factor of meaningful learning; ii) Learning Objects implement some common practices of one-to-one tutorial as the individual learning pace adjust and intense interactivity; iii) Learning Objects allow to implement a guided discover learning process; iv) Learning Objects allow to introduce extrinsic motivational factors, as the attribution of additional points to students who solve the proposed questions; v) Learning Objects may be executed anytime and anywhere, allowing the students to choose place and time more convenient than the scheduled classrooms. The findings of this work show evidences of the potential effectiveness of the proposed project framework. Other relevant aspect of developing Learning Objects presented refers to the need of a minimum number of users in order to assure economic viability. The proposed framework of Project Base on Learning Trajectories introduces an engineering approach to the learning and teaching processes. This new approach potentially brings to engineering a new perspective of using the project and design engineering skills to actuate improving learning and teaching processes.

Keywords: Learning Objects, Learning Trajectories Model, Learning Object Project.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – <i>Apagação da Engenharia</i>	14
Figura 1.2 - REUNI – Expansão das Universidades Federais	15
Figura 1.3 – Vagas para Ingressantes – Engenharia UFRGS	15
Figura 1.4 - Candidatos por vaga, nos cursos de Engenharia.....	16
Figura 1.5 - Evolução dos escores do vestibular	17
Figura 1.6 - Percentuais de estudantes com escore de ingresso inferior a 550 na prova de física do vestibular – Engenharia Elétrica	17
Figura 1.7 - Percentuais de reprovação na disciplina de Física I	18
Figura 1.8 - Reprovações e suas conseqüências.....	18
Figura 1.9–Taxonomia de Bloom - domínios	22
Figura 2.1 - Distribuição de resultados por processo de ensino/aprendizagem	24
Figura 2.2 - Personalização do Ensino	26
Figura 2.3 - Modelo de Kolb.....	28
Figura 2.4 - Sobrecarga Cognitiva	33
Figura 2.5 - Arquitetura Cognitiva Humana	35
Figura 2.6 - Redução da Carga Cognitiva x Motivação.....	37
Figura 2.7- Motivação e autodeterminação.....	38
Figura 2.8 - Motivação Intrínseca	39
Figura 2.9 - Motivação através da identificação ou controle integrado	40
Figura 2.10 - Abordagem superficial	41
Figura 3.1 - Conceito de Resistor.....	46
Figura 3.2 - Aprendizagem significativa como um processo “Produtor Consumidor Just In Time”.....	50
Figura 3.3 - Ajuste de carga cognitiva nas sequências Resgate-Questão-Exposição.....	51
Figura 3.4 - Resgate-Questão-Exposição – Exemplo.....	53
Figura 3.5 - Objetivos Parciais e o ganho de eficiência no projeto de OAs.....	54
Figura 3.6 - Exemplo de Segmentação.....	55
Figura 3.7 - Exemplo de Segmentação por Diferenciação Progressiva	55
Figura 4.1 – Elementos de representação visual utilizados no Modelo de Trajetórias Conceituais Planejadas.....	58
Figura 4.2 – Representação Visual das Coordenadas Cognitivas Conceituais	61
Figura 4.3 – Exemplo de Representação Visual de Coordenadas Cognitivas.....	62
Figura 4.4 – Proposição Conhecida.....	63
Figura 4.5 – Proposição Desconhecida	64
Figura 4.6 – Proposição de Relacionamento Desconhecido	64

Figura 4.7 – Proposição Completamente Desconhecida.....	64
Figura 4.8 – Proposições de Relacionamento Simples.....	65
Figura 4.9 – Proposição de relacionamento múltiplo.....	65
Figura 4.10 – Proposições de Relacionamento Simples.....	66
Figura 4.11 – Proposições de Relacionamento Desconhecido.....	66
Figura 4.12 – Proposições de Relacionamento Múltiplo	67
Figura 4.13 – Proposição Não Relacional.....	68
Figura 4.14 – Proposições Relacionais	68
Figura 4.15 – Área de Desenho.....	69
Figura 5.1 - Ciclo de desenvolvimento, utilização e melhoria.....	71
Figura 5.2 - Espaço Conceitual	73
Figura 5.3 - A importância dos objetivos.....	74
Figura 5.4 - Estabelecer Objetivos e Avaliar: duas práticas indissociáveis	74
Figura 5.5 - Ajuste interativo: Objetivo X Sistema de Avaliação.....	75
Figura 5.6 – Elementos visuais das Coordenadas Cognitivas de Chegada	78
Figura 5.7 - Cadastro de Coordenada Cognitiva no Sistema <i>ABCAutoria</i>	78
Figura 5.8 – Elementos visuais das Coordenadas Cognitivas de Partida.....	80
Figura 5.9 - Exemplo cadastramento de coordenada cognitiva relacionada a pontos de partida	81
Figura 5.10 - Fluxogramas de especificação e execução de OAs	82
Figura 5.11 - Exemplo - avaliação de proximidade das coordenadas cognitivas de partida.....	82
Figura 5.12 - Exemplo de mapa conceitual após o acréscimo dos pontos de passagem.	84
Figura 5.13 – MOTRAC – Relações de Diferenças.....	86
Figura 5.14 - Exemplo de mapa conceitual após o acréscimo dos pontos de passagem.	87
Figura 5.15 – Coordenadas Cognitivas Precedentes Conhecidas.....	89
Figura 5.16 – Proposição de Relacionamento Desconhecido	89
Figura 5.17 – Proposição de Relacionamento Desconhecido	91
Figura 5.18 – Navegação Sequencial	92
Figura 5.19 – Proposição de Relacionamento Desconhecido	96
Figura 5.20 - Resgate-Questão-Exposição	97
Figura 5.21. Exemplo de segmentação em narrativas de curta duração.....	100
Figura 5.22 - Ferramentas para produção de animações sincronizadas com arquivo de áudio.	103
Figura 6.1 - Ciclo de queda de motivação e desempenho	108
Figura 6.2 - Dimensões consideradas na Análise.....	112
Figura 6.3 - Resultados por Grupo	114
Figura 7.1 - Objetos de Aprendizagem X Ensino Presencial	125

LISTA DE TABELAS

Tabela 6.1 - Indicadores de Frequência (AN)	108
Tabela 6.2 - Frequência – Aprendizagem Natural X Forçada.....	109
Tabela 6.3 - Pesquisa de opinião – Flexibilidade de Horários	111
Tabela 6.4 - Pesquisa de Opinião – Horário de Execução do OA.....	111
Tabela 6.5 - Resultados do Teste de Kruskal-Wallis	113
Tabela 6.6 - Comparação dois a dois	114
Tabela 6.7 - Resultados obtidos no teste presencial de conhecimentos	121
Tabela 6.8 - Resultados obtidos nas questões propostas pelo Objeto de Aprendizagem	121

LISTA DE QUADROS

Quadro 1.1 - Questão de Pesquisa.....	20
Quadro 2.1 - Características individuais de aprendizagem (definição do autor).....	25
Quadro 2.2 - Estilos de Kolb e Honey & Munford	29
Quadro 3.1 - Comparação entre a Teoria da aprendizagem significativa e a Teoria da Carga Cognitiva.....	45
Quadro 3.2 - Definição de “Conceito”	46
Quadro 3.3 - Definição de “Proposição”	47
Quadro 3.4 - Princípio dos Subsúncos	47
Quadro 3.5 - Princípio do Ajuste de Ritmo (CANTO et al., 2013).....	49
Quadro 3.6 - Princípio dos Objetivos Parciais	54
Quadro 3.7 - Princípio da Dimensão Afetiva (CANTO; DE LIMA; TAROUÇO, 2014).....	56
Quadro 3.8 - Princípio do Protagonismo.....	56
Quadro 4.1 – Definição de “Trajetória de Aprendizagem Conceitual”	58
Quadro 4.2 - Definição de “Conceito”	60
Quadro 4.3 - Definição de “Coordenada Cognitiva”	60
Quadro 4.4 – Lista de Coordenadas Cognitivas	62
Quadro 4.5 - Definição de “Proposição”	63
Quadro 4.6 – Definição de “Coordenada Cognitiva Precedente”	65
Quadro 5.1 - Definição de “Espaço Conceitual” (CANTO et al., 2014a).....	72
Quadro 5.2 - Objetivo X Avaliação	75
Quadro 5.3 – Exemplo de Especificação de Pontos de Chegada	77
Quadro 5.4 – Exemplo de Especificação de Pontos de Partida.....	79
Quadro 5.5 - Coordenadas Cognitivas Precedentes Conhecidas.....	88
Quadro 5.6 - Proposição de Relacionamento Desconhecido	89
Quadro 5.7 – Proposições cujas condições de precedência são atendidas ao iniciar o OA.....	90
Quadro 5.8 – Proposições Relacionais Completamente Desconhecidas	91
Quadro 5.9 - Tipos de proposição de projeto utilizados na metodologia PBTA.....	95
Quadro 6.1 - Manifestações sobre o necessário contato com o docente	118
Quadro 6.2 - Entusiasmo e ceticismo.....	118
Quadro 6.3 - Facilidade de Aprendizagem e Complexidade da Matéria	119
Quadro 6.4 – A realimentação no processo de melhoria contínua.....	119
Quadro 6.5 -Críticas à aprendizagem por descoberta guiada.....	120
Quadro 7.1 - Questão de Pesquisa.....	123
Quadro 7.2 - Princípio da escala de utilização	125

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AF	Aprendizagem Forçada
AN	Aprendizagem Natural
CAD	Computer Aided Design
ET	Ensino Tradicional
MOTRAC	Modelo de Trajetória de Aprendizagem Conceitual
OA	Objeto de Aprendizagem
PBTA	Projeto Baseado em Trajetórias de Aprendizagem
REQ	Resgate Exibição Questão
RQE	Resgate Questão Exibição
SPB	Sequência de Proposições Básicas
TICs	Tecnologias de Informação e Comunicação
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
1.1 A Questão de Pesquisa.....	19
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	24
2.1 Estilos de Aprendizagem	27
2.1.1 Modelo de Kolb et al.....	27
2.1.2 Modelo de Riding et al.....	29
2.1.3 Felder e Silvermann	30
2.1.4 Fleming	31
2.1.5 Butler.....	32
2.2 Domínio Cognitivo	32
2.2.1 Aprendizagem Significativa.....	32
2.2.2 Teoria da Carga Cognitiva	33
2.3 Motivação e Autodeterminação	36
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	44
3.1 Conceitos e Proposições.....	46
3.2 Princípio dos Subsunoçores.....	47
3.3 Ajuste da Carga Cognitiva	49
3.4 Ação e Motivação	56
4 MODELO DE TRAJETÓRIA DE APRENDIZAGEM CONCEITUAL (MOTRAC)	58
4.1 Elementos de Representação Visual.....	58
4.2 Coordenada Cognitiva.....	60
4.2.1 Coordenadas Cognitivas Conceituais.....	61
4.2.2 Coordenadas Cognitivas Relacionais	63
4.2.3 Proposições de Relacionamento Múltiplo.....	65
4.2.4 Proposições Não Relacionais	67
4.3 Diagrama Esquemático	69
5 PBTA – PROJETO BASEADO EM TRAJETÓRIAS DE APRENDIZAGEM 71	
5.1 Especificação do Espaço Conceitual.....	72
5.2 Objetivos Educacionais e Avaliação	73
5.3 Especificação dos Pontos de Chegada	76
5.3.1 Exemplo: Pontos de Chegada – Velocidade Instantânea.....	77
5.4 Especificação dos Pontos de Partida	79
5.4.1 Exemplo: Pontos de Partida – Velocidade Instantânea	79
5.5 Avaliação dos Objetivos Educacionais de Partida	81
5.5.1 Exemplo: Velocidade Instantânea – Avaliação de Proximidade aos Pontos de Partida.....	82
5.6 Definição dos Pontos de Passagem.....	83
5.6.1 Exemplo: Pontos de Passagem – Velocidade Instantânea	83
5.7 Segmentação Interobjetos	85
5.7.1 Relação de Diferenças – um exemplo de segmentação interobjetos	85
5.8 Modelo Navegacional.....	88
5.8.1 Exemplo – Modelo Navegacional	88
5.9 Segmentação Intraobjeto.....	94
5.9.1 Exemplo: Resgate-Questão-Exibição.....	95
5.9.2 Narrativas de Curta Duração	100
5.10 Especificações Complementares / Construção	102
6 AVALIAÇÃO DA METODOLOGIA DE MODELAGEM E PROJETO.....	105
6.1 Descrição dos Experimentos	105
6.1.1 Recursos Utilizados.....	105
6.1.2 Caso I: Objeto de Aprendizagem X Aulas Expositivas.....	107
6.1.3 Caso II – Aprendizagem “Questão Exposição” X “Exposição Questão”.....	120
7 CONCLUSÃO	123
7.1 Contexto de Uso – Eficácia.....	123
7.2 Contexto de Uso – Eficiência.....	124
7.3 Princípios de Projeto.....	126
7.4 Hábitos de Estudo	127

7.5	Trabalhos Futuros	128
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	130

1 INTRODUÇÃO

Ao iniciar este trabalho, o Brasil experimentava um período de forte crescimento econômico e havia a preocupação com a possibilidade de faltarem engenheiros para a realização dos projetos necessários para garantir que este crescimento ocorresse de forma sustentável (CANTO et al, 2012a; CANTO & LODER, 2010). A Figura 1.1 apresenta alguns exemplos da forma como o chamado *Apagão da Engenharia* repercutiu na imprensa.

Figura 1.1 – *Apagão da Engenharia*



Fontes: (ABRIL, 2008; EXAME, 2010; IG, 2009; IPEA, 2010; VEJA, 2009).

O incremento do número de profissionais de nível superior em geral e de engenheiros em particular proporcionado pelo programa REUNI, de expansão e reestruturação das universidades federais, que propiciou um incremento de 14.826 vagas no ensino superior, entre 2007 e 2008 (MEC / SESU / DIFES, 2009). A Figura 1.2 mostra a expansão das universidades federais neste período.

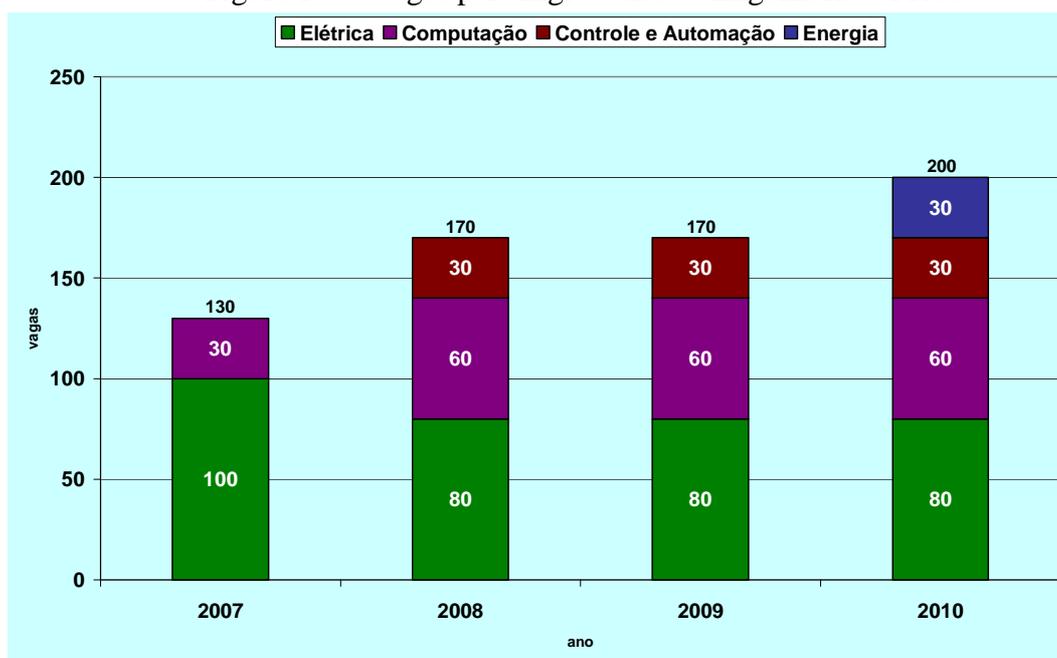
Figura 1.2 - REUNI – Expansão das Universidades Federais



Fonte: (MEC / SESU / DIFES, 2009))

Na escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, o projeto REUNI resultou num expressivo aumento do número de vagas para ingressantes em cursos de engenharia, especialmente em cursos relacionados à Engenharia Elétrica, conforme apresenta a Figura 1.3.

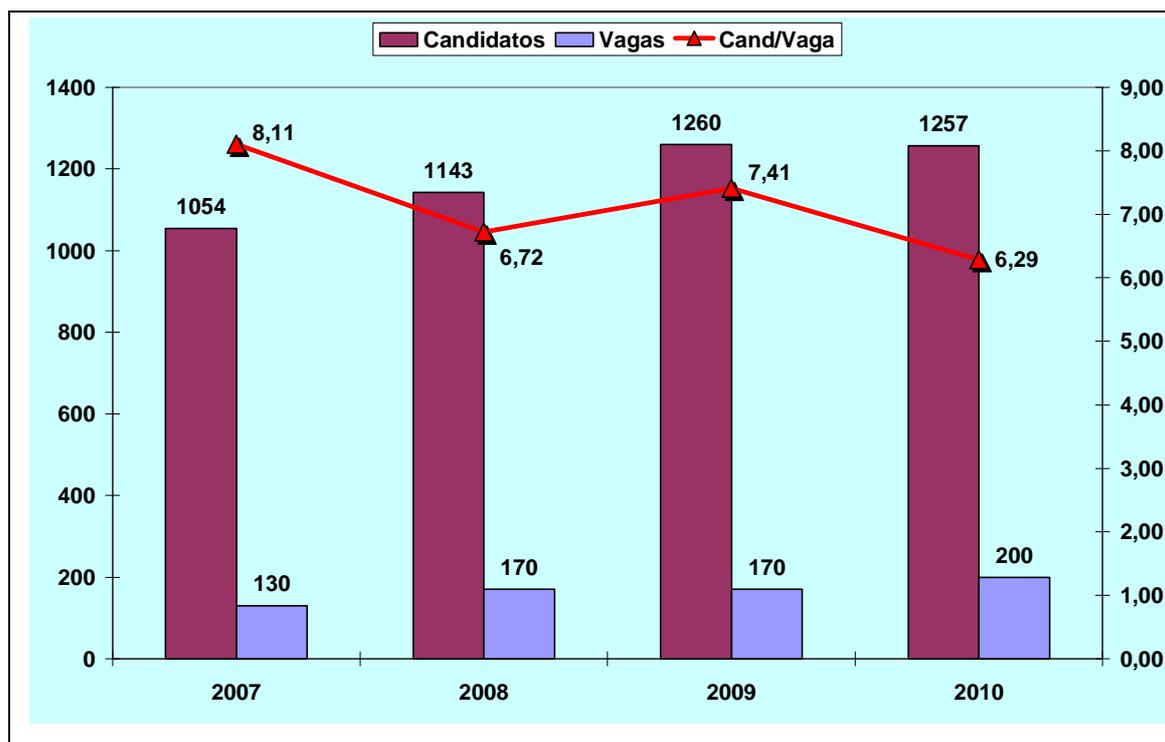
Figura 1.3 – Vagas para Ingressantes – Engenharia UFRGS



Fonte: (CANTO et al., 2012)

A alternativa de aumento de vagas, por sua vez, trouxe consigo outras consequências: como o interesse pela profissão de engenheiro não cresceu na mesma proporção que o número de vagas oferecidas, caiu a relação *candidatos/vagas* nos cursos afetados (Engenharia Elétrica, de Controle e Automação, da Computação e de Energia), como mostra a Figura 1.4.

Figura 1.4 - Candidatos por vaga, nos cursos de Engenharia

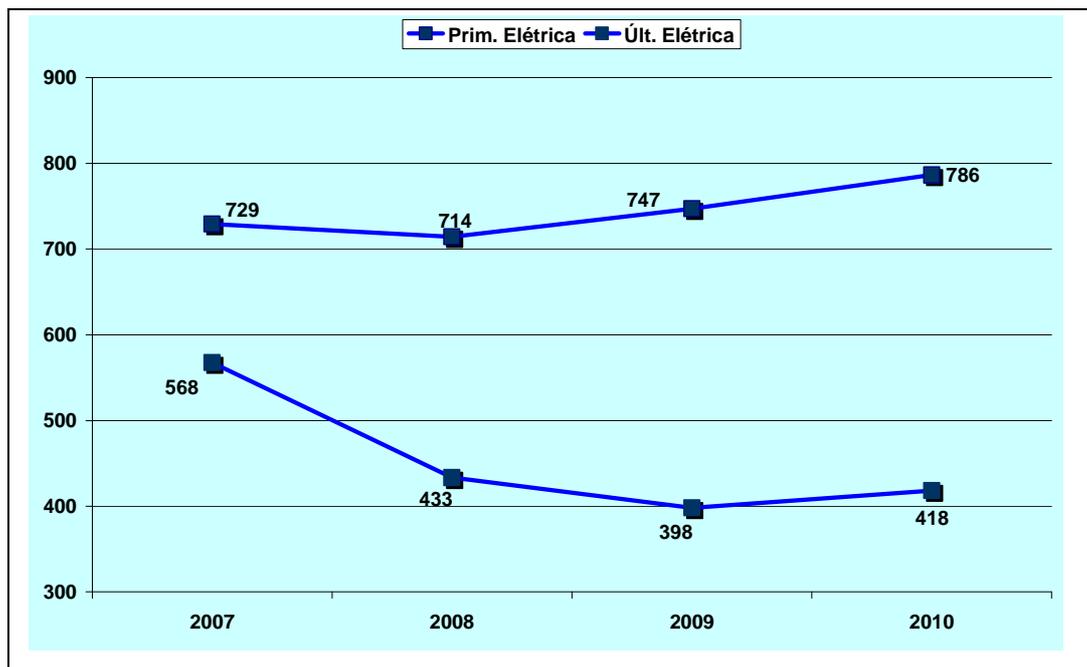


Fonte: CANTO et al, 2011

Somou-se a isto a adoção de políticas de quotas, cujo resultado foi uma expressiva alteração no perfil dos ingressantes. Os ingressantes passaram a constituir grupos mais heterogêneos, como exemplificam a Figura 1.5 e a Figura 1.6, que mostram a evolução dos argumentos de ingresso dos estudantes ingressantes no curso de engenharia elétrica.

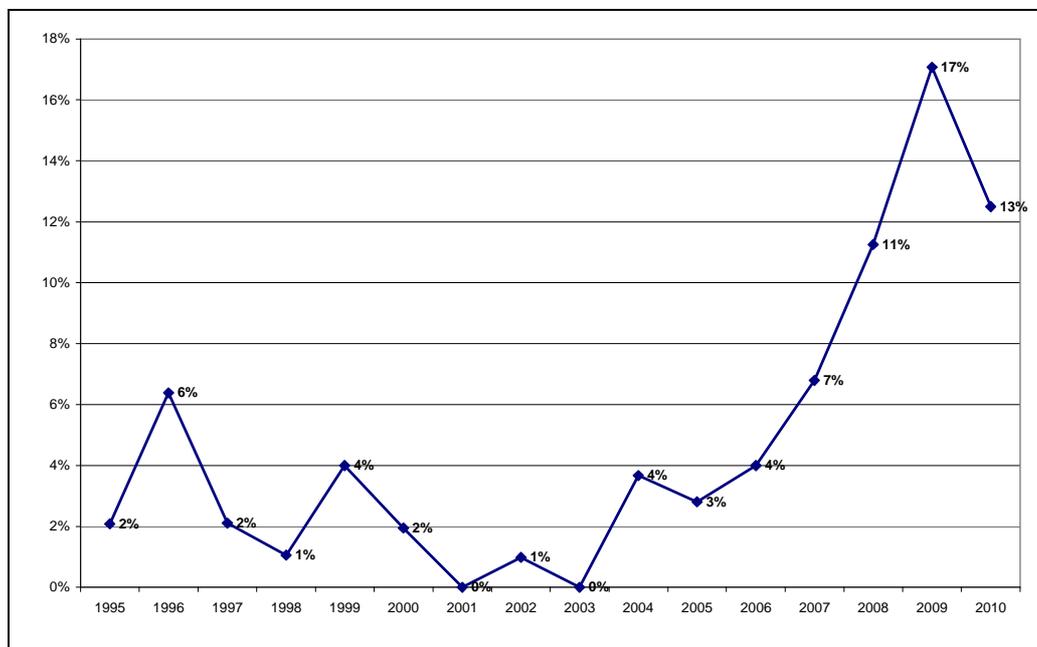
Como consequência direta do novo perfil de ingressantes, observou-se um maior percentual de calouros com lacunas de formação, uma das principais causas de retenção e evasão, especialmente nas disciplinas iniciais de matemática e física (LODER, 2009b). A Figura 1.7 mostra como evidência deste fato, o crescimento dos percentuais de reprovação na disciplina de Física I.

Figura 1.5 - Evolução dos escores do vestibular



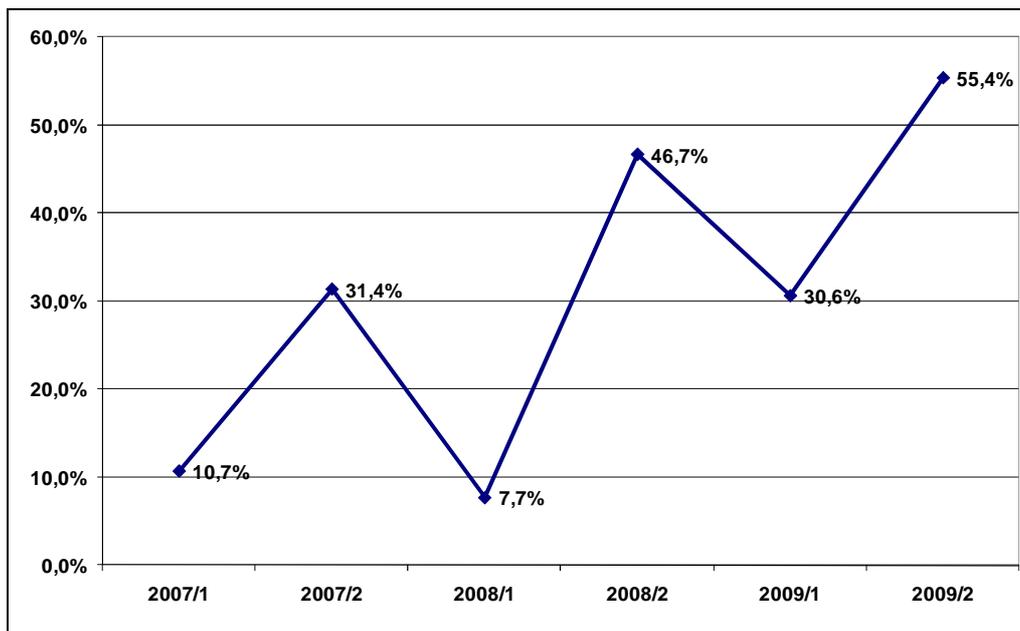
Fonte: (CANTO et al., 2012)

Figura 1.6 - Percentuais de estudantes com escore de ingresso inferior a 550 na prova de física do vestibular – Engenharia Elétrica



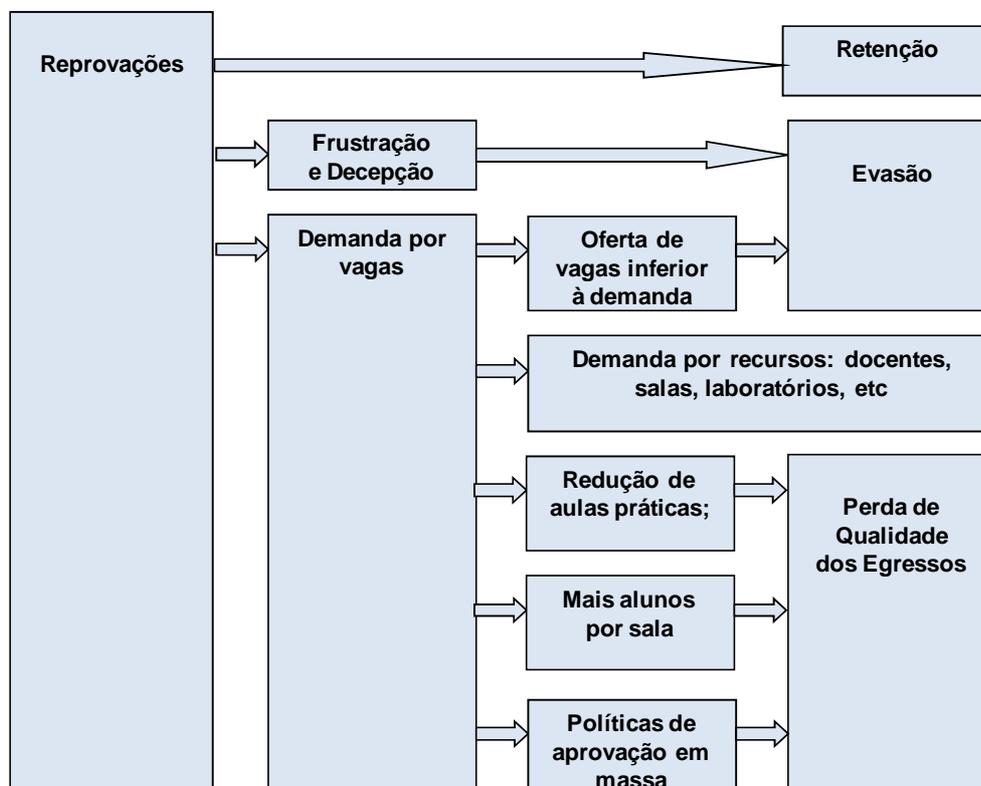
Fonte: pesquisa do autor

Figura 1.7 - Percentuais de reprovação na disciplina de Física I



Fonte: (CANTO et al., 2012)

Figura 1.8 - Reprovações e suas consequências



Fonte: (CANTO et al., 2012)

Elevados índices de reprovação podem implicar diversos resultados indesejáveis, tais como o aumento da evasão, o aumento de demanda por recursos (docentes, salas, laboratórios, etc.), ou a adoção de políticas de aprovação em massa, que levaria à perda de qualidade dos egressos, conforme apresenta o diagrama de causas e efeitos mostrado na Figura 1.8.

Compatibilizar objetivos de excelência na formação dos engenheiros com redução dos índices de reprovação e aumento da relação *estudantes / professor* é um desafio complexo, que os gestores de cursos devem enfrentar em diversas frentes. Um exemplo de iniciativa neste sentido partiu dos estudos da Profa. Liane L. Loder (LODER, 2009), que identificou a participação dos estudantes em grupos de cooperação como um dos fatores de sucesso para a conclusão do curso. A partir deste diagnóstico foi possível definir políticas e iniciar atividades voltadas para a criação de uma rede de cooperação de estudantes capaz de explorar a capacidade empreendedora dos estudantes e estimular o desenvolvimento de iniciativas que reduzissem a evasão e ganhassem qualidade profissional.

A alternativa de uso de tecnologias para solucionar problemas é uma característica do perfil de engenharia e o uso de tecnologias para resolver a problemática acima descrita ocorreu como uma das mais promissoras opções, o que levou ao desenvolvimento deste trabalho junto ao Pós Graduação em Informática na Educação, reconhecido centro de excelência interdisciplinar que reúne competências relacionadas ao uso de Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) nos processos de ensino e aprendizagem.

1.1 A Questão de Pesquisa

O ingresso de um percentual maior de estudantes cuja mensuração de desempenho indica lacunas formativas em áreas essenciais para o progresso no curso de engenharia tem resultado em elevados índices de reprovação, que geram demandas de um maior número de vagas para estudantes retidos. O atendimento destas demandas nos sistemas tradicionais de aulas expositivas presenciais necessitaria de recursos adicionais tais como docentes e espaço físico (vide Figura 1.8). O aumento do número de estudantes por turma possibilita incrementar a oferta de vagas, mas reduz as possibilidades de interação e tratamento individualizado, o que pode resultar em perda de qualidade e aumento dos índices de reprovação.

A utilização de recursos tecnológicos como alternativa capaz de melhorar os processos de ensino e aprendizagem esbarra na falta de clareza quanto aos seus reais potenciais (PARRISH, 2004). Esta relutância em utilizar recursos tecnológicos é uma consequência natural de os resultados não dependerem apenas do uso de TICs, mas sim da adequação dos processos e recursos tecnológicos aos objetivos educacionais e às características dos estudantes. Que atividades podem ser automatizadas? Que atividades não podem? É possível utilizar TICs para alterar os hábitos de estudos dos estudantes? O que é viável economicamente? Enfim, diversas dúvidas sobre o uso de TICs nos processos de ensino e aprendizagem levaram à formulação da questão de pesquisa apresentada no Quadro 1.1.

Quadro 1.1 - Questão de Pesquisa

É possível utilizar Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) para reduzir a evasão dos cursos de engenharia, sem redução de qualidade, sem incremento de horas docentes trabalhadas e sem aumentar o espaço físico necessário?

Neste contexto:

Quais os princípios de projeto e de utilização de Objetos de Aprendizagem (OAs) que devem ser adotados com vistas a melhorar a eficácia e a eficiência dos processos de ensino e aprendizagem?

É possível utilizar Objetos de Aprendizagem com o objetivo de alterar os hábitos de estudos, estimulando uma atitude autônoma, voltada para a aprendizagem significativa?

As seguintes definições referem-se à questão de pesquisa apresentada no Quadro 1.1 (ABNT; ISO, 2005):

- **Eficácia:** é a extensão na qual as atividades planejadas são realizadas e os resultados são alcançados;
- **Eficiência:** é a relação entre os resultados alcançados e os recursos usados.

A expressão **Eficácia Educacional** será utilizada para expressar a proporção em que os objetivos educacionais são alcançados. O ganho de eficácia educacional pode ser considerado sob duas perspectivas:

- **Eficácia Educacional Individual:** mede em que extensão o estudante alcança os objetivos educacionais propostos. Nos cursos de engenharia a eficácia é usualmente medida através de sistemas de avaliação, que definem uma nota ou conceito correspondente ao percentual em que o objetivo educacional foi alcançado.

- **Eficácia Educacional de Grupo:** percentual de estudantes de uma turma que alcança os objetivos educacionais propostos dentro de patamares satisfatórios (percentual de aprovação).

A *Eficiência Educacional* também pode considerar duas perspectivas:

- **Perspectiva da Instituição:** refere-se à quantidade de recursos demandados para que se alcance um determinado patamar de *Eficácia Educacional de Grupo*.
- **Perspectiva do Estudante:** refere-se ao esforço necessário por parte do estudante para alcançar um determinado patamar de *Eficácia Educacional*.

O principal desafio proposto na questão de pesquisa apresentada no Quadro 1.1 é a utilização de tecnologias para encontrar um novo ponto de equilíbrio entre eficácia e eficiência.

As estratégias pedagógicas tradicionalmente utilizadas no ensino de engenharia (aulas expositivas) têm-se consolidado em função da existência de um equilíbrio adequado entre resultados alcançados e recursos demandados. Não obstante a sua simplicidade, estes processos de aprendizagem por recepção caracterizam-se por sua eficiência, que emerge nos estágios mais avançados de maturidade cognitiva (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980). De fato, observa-se que uma parcela dos estudantes aprende de forma significativa com o uso dessas estratégias; no entanto, nem todos os estudantes se encontram nos estágios mais avançados de maturidade cognitiva, isto é, existe uma parcela de estudantes não adaptados aos processos de aprendizagem por recepção tipicamente utilizados nos cursos de engenharia.

Por outro lado, o processo de aprendizagem por descoberta possibilita ganhos de eficácia educacional, mas exige mais tempo para a consolidação da aprendizagem pretendida pelo contexto educacional.

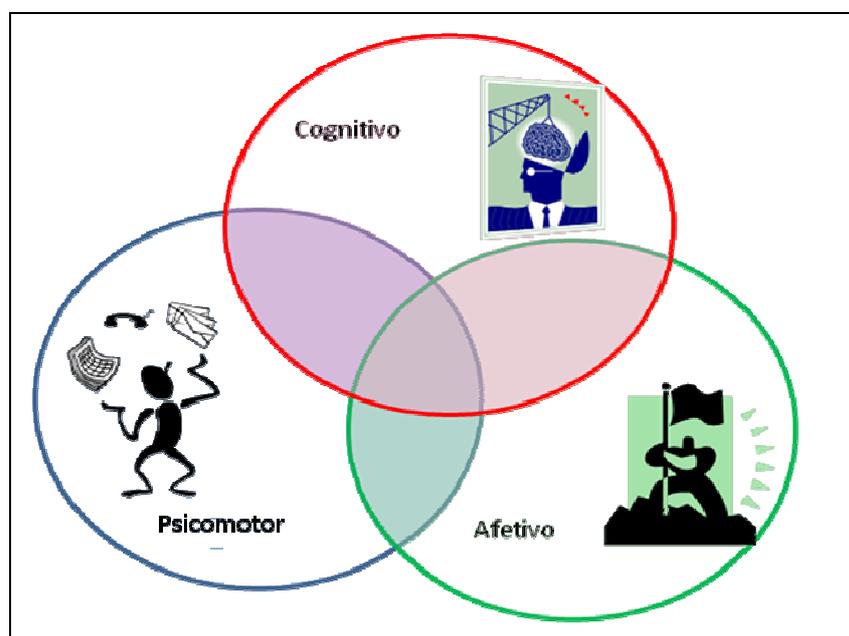
Felder e Prince (2006) citam que a demanda de tempo adicional é um dos principais obstáculos ao uso mais intenso da estratégia educacional que privilegia a aprendizagem por descoberta:

In the purest form of this method, teachers set the problems and provide feedback on the students' efforts but do not direct or guide those efforts. There are many reasons why this method is rarely used in higher education, among those being because instructors who hear about it fear—probably with good cause—that they would only be able to cover a small fraction of their

prescribed content if students were required to discover everything for themselves.¹

Os conceitos de Eficácia e Eficiência pressupõem a existência de objetivos. Com o intuito de estabelecer uma linguagem comum que permitisse o estabelecimento de objetivos educacionais e troca de questões entre instituições de ensino americanas, Bloom e Krathwohl (1956,2002) desenvolveram uma *Taxonomia de Objetivos Educacionais* na qual é proposta a existência de três domínios: cognitivo, psicomotor e afetivo (Figura 1.9).

Figura 1.9–Taxonomia de Bloom - domínios



Fonte: Elaborado pelo Autor; imagens de Microsoft Office Clipart

Ao analisar *Projetos Pedagógicos dos Cursos de Engenharia* da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), pode-se verificar que existem objetivos educacionais nesses três domínios, sob forma de *conhecimentos, habilidades e atitudes* a serem desenvolvidos durante o curso. A partir desses projetos pedagógicos, grades curriculares listam um conjunto de disciplinas, cada uma com seus objetivos educacionais e planos de ensino.

¹ Na forma mais pura deste método, o professor especifica problemas e fornece realimentação sobre o esforço dos estudantes, mas não direciona ou guia estes esforços. Existem muitas razões pelas quais raramente se utiliza este método na educação superior, entre elas, o fato dos professores temerem – provavelmente com razão – que eles somente possam cobrir uma pequena parte do conteúdo previsto, caso os estudantes tenham que descobrir tudo sozinhos. (Tradução do Autor)

Normalmente estes planos de ensino se concentram nos domínios cognitivo e psicomotor, estabelecendo um cronograma de temas apresentados em aulas expositivas e em laboratórios didáticos. No entanto, raramente se encontram planos de ensino que apresentem objetivos relacionados a atitudes (domínio afetivo). Por exemplo, o desenvolvimento de uma atitude autônoma para a solução de problemas ocorre de uma forma pouco estruturada, sem que exista um plano para a transição entre o perfil do calouro, dependente do professor, e o perfil engenheiro com autonomia na aprendizagem.

Neste trabalho é proposta uma metodologia de modelagem e desenvolvimento de Objetos de Aprendizagem (OAs) autônoma, que podem ser utilizados para nesta transição. Propõe-se um conjunto de recomendações de projeto e utilização de OAs que permitem atender a um grande número de estudantes de uma forma mais personalizada do que os sistemas tradicionais, baseados em aprendizagem por recepção pura.

O trabalho que será apresentado a seguir está subdividido em sete capítulos:

1. *Introdução* – Apresenta as motivações do trabalho e a questão de pesquisa;
2. *Revisão Bibliográfica*: apresenta um conjunto de trabalhos relacionados que foram utilizados como fundamentação teórica para o desenvolvimento desta tese;
3. *Fundamentação Teórica*: Apresenta os fundamentos teóricos da Modelagem de Trajetórias de Aprendizagem Conceitual e da metodologia de Projetos Baseados em Trajetórias de Aprendizagem (PBTA);
4. *Modelo de Trajetória de Aprendizagem Conceitual (MOTRAC)*: Apresenta o Modelo de Trajetórias de Aprendizagem Conceitual;
5. *PBTA – Projeto Baseado em Trajetórias de Aprendizagem* - Apresenta a metodologia de Projeto Baseado em Trajetórias de Aprendizagem;
6. *Avaliação da Metodologia de Modelagem e Projeto*: apresenta um conjunto de experimentos utilizados para validar a metodologia proposta;
7. *Conclusão*: apresenta as conclusões e trabalhos futuros.

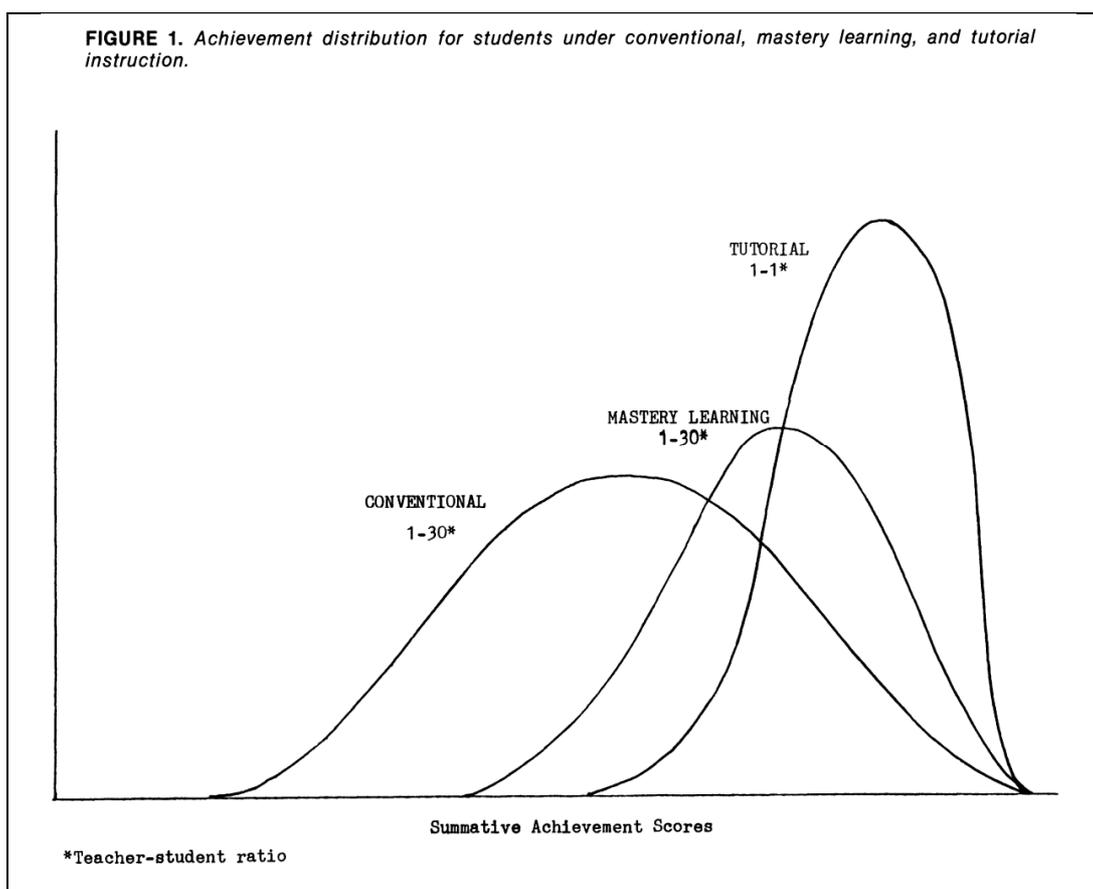
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Bloom (1984) comparou três alternativas de ensino/aprendizagem:

1. **Convencional:** aulas expositivas ministradas para turmas com 30 estudantes;
2. **“Mastery Learning”:** processo que, adicionalmente às aulas expositivas, utiliza os testes formativos para dar retorno aos estudantes seguidos por procedimentos corretivos;
3. **Tutorial:** tutoria individual.

Este estudo mostrou que a tutoria individual é capaz de obter resultados médios dois desvios padrões (dois sigma) acima dos resultados médios alcançados através do sistema convencional e que os estudantes do grupo *Mastery Learning* obtiveram resultado médio de um desvio padrão acima dos estudantes do sistema convencional, como mostra a Figura 2.1.

Figura 2.1 - Distribuição de resultados por processo de ensino/aprendizagem



Fonte: (BLOOM, 1984)

Esta significativa diferença de resultados está associada aos níveis de personalização e interação de cada uma das alternativas apresentadas.

Infelizmente, muitas das alternativas mais eficazes de ensino são inviáveis economicamente devido à demanda de recursos e conseqüente do custo por estudante. É o caso da tutoria individual que, não obstante a comprovada eficácia, é uma solução que não pode ser adotada em larga escala devido aos seus elevados custos.

Na proposta aqui apresentada, assume-se que Objetos de Aprendizagem (OAs) podem incorporar algumas práticas da tutoria individual em larga escala de forma economicamente sustentável. Neste contexto, a expressão *personalização do ensino* é utilizada com sentido de desenvolver OAs que conciliem os recursos oferecidos pelas TICs, os objetivos educacionais e algumas *Características Individuais de Aprendizagem* (vide definição no Quadro 2.1).

Quadro 2.1 - Características individuais de aprendizagem (definição do autor)

Características individuais de aprendizagem são as características que determinam a forma como um indivíduo aprende num determinado momento. Estas características incluem fatores pessoais, ambientais e circunstanciais. São exemplos de fatores que determinam as características individuais de aprendizagem de um determinado estudante: seu estilo de aprendizagem, seus esquemas cognitivos, sua memória de trabalho, a quantidade e qualidade de conceitos conhecidos (conceitos subsunçores), seus métodos de estudos, sua velocidade de aprendizagem e sua motivação. São exemplos de fatores ambientais circunstanciais: a disponibilidade de computador em sua residência, o acesso à internet, distância da residência até a sala de aula, horário das aulas presenciais, tempo e local para estudo extraclasse, condição socioeconômica, etc.

O projeto de Objetos de Aprendizagem poderá ser concebido a partir de premissas que ponderam as características individuais diferenciadoras dos estudantes, de premissas sobre características comuns aos estudantes, ou premissas sobre características que não podem ser contempladas no projeto do OA. Premissas relacionadas às características comuns dos estudantes trabalharão com um “estudante médio”, reduzindo os custos de desenvolvimento. Por outro lado, assim como nas aulas expositivas, ao trabalhar com um “Perfil Médio”, corre-se o risco adotar uma estratégia inadequada para uma parcela dos estudantes (Figura 2.2).

Figura 2.2 - Personalização do Ensino



Fonte: Elaborado pelo autor com uso da ferramenta www.toondoo.com

Este capítulo está subdividido em três seções, que apresentam o referencial teórico utilizado neste trabalho:

1. seção 2.1 - *Estilos de Aprendizagem* – apresenta modelos de diversos autores que investigam estilos de aprendizagem;
2. seção 2.2- *Domínio Cognitivo* – apresenta conceitos relacionados ao domínio cognitivo, baseados na *Teoria Aprendizagem Significativa* e *Teoria da Carga Cognitiva*;
3. seção 2.2 - *Motivação* – apresenta conceitos relacionados à motivação e autodeterminação.

2.1 Estilos de Aprendizagem

Dunn, Beaudry e Klavas (2002) definem *estilo de aprendizagem* como *a forma como os indivíduos começam a se concentrar, processam, internalizam e retêm informações acadêmicas*.

Felder e Brent (2005) definem estilo de aprendizagem como *a forma característica como os estudantes tomam e processam a informação*.

Grimley e Rideing (2009) utilizam a expressão *Estilo Cognitivo* como *a abordagem que o indivíduo normalmente utiliza quando processa informação*. Observe que esta definição se restringe apenas ao “*processamento de informações*” sendo, portanto, menos abrangente que as definições anteriores de “*estilo de aprendizagem*”.

Não obstante a existência de diferentes definições, os modelos propostos pelos diversos autores possuem como característica comum à análise de diversos fatores, chamados de dimensões por alguns autores. A seguir, será apresentada uma breve revisão sobre os modelos desenvolvidos por alguns destes pesquisadores e as dimensões consideradas.

2.1.1 Modelo de Kolb et al

O modelo de Kolb é utilizado em sua teoria da aprendizagem experimental (*ELT – Experimental Learning Theory*). Kolb propõe que a aprendizagem experimental seja um ciclo, que inclui Experiências Concretas, Observação e Reflexão, Abstração e Conceituação e Experimentação Ativa, conhecido como *ciclo de Kolb* (KOLB; KOLB, 2005, 2012). Através deste ciclo de aprendizagem experimental, o estudante tem a oportunidade de aprender por descoberta, isto é, formar conceitos a partir de vivências práticas (aprendizagem indutiva). Também a aprendizagem por recepção pode ser considerada neste ciclo, quando os conceitos e modelos consolidados são apresentados e servem de base para o projeto de experimentos a partir dos quais se formularão novos conceitos e proposições (aprendizagem dedutiva – inferir novos conceitos e proposições a partir de conceitos existentes).

Neste modelo são consideradas duas dimensões, colocadas na forma de eixos cartesianos (vide Figura 2.3):

1. *dimensão EA/OR*, que define a preferência do estudante por aprender através da experimentação ativa (EA) ou através da observação e reflexão (OR);

2. *dimensão EC/CA*, que define se o estudante prefere aprender através de experiências concretas (EC) ou de conceitos abstratos (CA).

Figura 2.3 - Modelo de Kolb



Fonte: Adaptado de (KOLB; KOLB, 2012); imagens de Microsoft Office Clipart

O modelo de Kolb nomeou quatro estilos, definidos conforme as preferências individuais situem o estudante em um dos quatro quadrantes do diagrama. Os estilos de Kolb e os de Honey e Mumford (2000) são bastante semelhantes, havendo uma correspondência entre as nomenclaturas, conforme apresenta o Quadro 2.2.

Quadro 2.2 - Estilos de Kolb e Honey & Munford

Quadrante	Estilo	
	Kolb	Honey e Munford
EA, EC	<i>Acomodador</i>	<i>Ativo</i>
OR, EC	<i>Divergente</i>	<i>Reflexivo</i>
OR, CA	<i>Assimilador</i>	<i>Teórico</i>
EA, CA	<i>Convergente</i>	<i>Pragmático</i>

As aulas expositivas ministradas para turmas com um grande número de estudantes são uma alternativa que se ajusta aos estudantes que preferem a observação e reflexão (estilo *reflexivos ou teóricos*), enquanto as aulas de laboratório são a preferência dos estudantes mais voltados para a experimentação ativa (estilo *ativo ou pragmático*). Uma das possibilidades da utilização de OAs é a possibilidade de abordar os conteúdos teóricos de uma forma mais interativa que as aulas expositivas, propiciando assim um melhor ajuste para os estudantes ativos ou pragmáticos.

2.1.2 Modelo de Riding et al

A expressão *Estilo Cognitivo* é utilizada para se referir à forma como os estudantes *pensam* quando processam a informação (GRIMLEY; RIDING, 2009; RIDING; CHEEMA, 1991). No modelo utilizado por Riding et al são consideradas duas dimensões:

- *Dimensão verbal-imaginária*, que identifica a forma preferencial como o indivíduo representa as informações quando pensa. O estudante pode preferir pensar utilizando palavras (verbal) ou imagens e abstrações (não verbal);
- *Dimensão global-analítica*, que identifica a preferência individual por integrar informações como um todo (abordagem integradora) ou separar o todo em suas partes constituintes (abordagem analítica).

Na dimensão *verbal-imaginária*, os recursos computacionais multimídia permitem que se desenvolvam OAs contendo informações verbais apresentadas pelo canal de áudio (palavras faladas) ou apresentadas na forma visual (palavras escritas). As informações não verbais podem ser apresentadas também no canal de áudio (músicas, efeitos sonoros) ou na forma visual (imagens, gráficos, animações, etc.).

Na dimensão *global-analítica*, podem-se utilizar os sistemas de navegação (menus, setas de avançar e retornar, hiperlinks, etc.) para definir uma abordagem

analítica (do todo para as partes), integradora (das partes para o todo), indexada ou sequencial.

2.1.3 Felder e Silvermann

O modelo de Felder e Silverman (1988) foi originalmente proposto com cinco dimensões:

- *Percepção (Sensorial/Intuitivo)*: refere-se ao tipo de informação preferencial do estudante: *Sensorial* – o estudante prefere lidar com informações recebidas através dos sentidos; *Intuitivo* – o estudante prefere lidar com informações com origem interna (idéias, possibilidades, inspirações...);
- *'Input' (Visual/Audível)*: refere-se à forma preferencial de aquisição da informação: *Visual* – o estudante prefere lidar com imagens tais como figuras, gráficos, animações; *Verbal* – o estudante prefere lidar com palavras faladas ou escritas;
- *Processamento da informação (Ativo/Reflexivo)*: *Ativo* – o estudante prefere aprender de forma participativa, em dinâmicas que envolvam atividade física ou discussões, por exemplo; *Reflexivo* – o estudante prefere aprender através da reflexão;
- *Entendimento (Sequencial/Global)*: *Sequencial* – o estudante prefere entender todos os detalhes primeiro; *Global* – o estudante prefere avançar em grandes passos de visão holística;
- *Organização (Indutivo/Dedutivo)*: *Indutivo* – o estudante prefere a aprendizagem por descoberta, isto é, prefere formar conceitos a partir do fenômeno; *Dedutivo* – o estudante prefere a aprendizagem por recepção, na qual os modelos dos fenômenos são apresentados em aulas expositivas.

No ano de 2002, Felder realizou ajustes no seu modelo:

- A dimensão *Visual/Audível* é substituída pela dimensão *Visual/Verbal*, caracterizando que esta dimensão não se refere ao meio de aquisição de informação. Esta modificação tem por objetivo esclarecer que as palavras escritas enquadram-se na categoria *Verbal*, apesar de serem adquiridas através do sentido da visão.

- As pesquisas de Felder mostraram que a maioria dos estudantes declara preferir processos Dedutivos (Aulas expositivas apresentando conceitos e modelos), o que entrou em choque com suas convicções de que a aprendizagem indutiva seria mais eficaz. Receoso de que, baseados na preferência dos estudantes, os professores optassem por processos de menor eficácia, Felder optou por excluir a dimensão *Indutivo/Dedutivo* de seu modelo.

A exclusão da dimensão *Indutivo/Dedutivo* é um exemplo do compromisso existente entre a eficácia e a eficiência. Os processos indutivos (aprendizagem por descoberta) demandam mais tempo e mais esforço por parte do estudante. A grande densidade de conteúdos abordados muitas vezes leva os estudantes a preferir alternativas que demandem menos tempo (maior eficiência sob a perspectiva do estudante).

Felder e Silverman (1988) propõem uma hipótese que atenderia aos estilos individuais sem que seja necessária uma personalização do ensino:

The hypothesis, however, is that engineering instructors who adapt their teaching style to include both poles of each of the given dimensions should come close to providing an optimal learning environment for most (if not all) students in a class².

Este fundamento pode também ser explorado nos projetos de OAs, utilizando-se técnicas de apresentação multimodal, por exemplo, onde o canal de áudio é utilizado para apresentar informações verbais e a tela é utilizada para informações não verbais possibilitando assim que os dois polos do canal '*Input*' (Visual/Verbal), sejam atendidos simultaneamente.

2.1.4 Fleming

Desenvolvido a partir da neurolinguística (EICHER, 1987), o modelo VARK (*Visual, Aural, Read/Write, Kinesthetic*) se foca nos meios de aquisição e transmissão da informação (FLEMING; BAUME, 2006).

²A hipótese é que os docentes de engenharia que ajustam o seu estilo de ensino de forma a incluir os dois polos de cada uma das dimensões se aproximam de um ambiente de aprendizagem ótima para a maioria (se não todos) os estudantes da turma (tradução do autor).

Neste modelo, aborda-se o processo de aprendizagem considerando o estudante de uma forma ativa, isto é, o perfil do estudante aural não é apenas aquele que recebe informações faladas, mas que gosta de se comunicar através da fala, o perfil sinestésico possui uma característica mais voltada a uma atividade muscular e prefere aprender em processos que envolvam atividade física, como em aulas de laboratório ou interagindo com o computador.

2.1.5 Butler

O modelo de Butler(2003) foi desenvolvido a partir de uma única dimensão de processamento de informação, que considera a forma de pensar das partes para o todo (Linear) ou do todo para as partes (Holístico). Esta dimensão foi subdividida em cinco Estilos: Realista, Analítico, Pragmático, Pessoal e Divergente.

2.2 Domínio Cognitivo

2.2.1 Aprendizagem Significativa

Ausubel, Novak e Hanesian (1980) definem *Aprendizagem Significativa* como *o processo através do qual uma nova informação (um novo conhecimento) se relaciona de maneira não arbitrária e substantiva à estrutura cognitiva do estudante.*

A quantidade e qualidade dos subsunçores (*conceito, idéia ou proposição*³ *previamente existente na estrutura cognitiva* com os quais as novas informações devem-se relacionar) são consideradas pelos autores como o fator de maior relevância na aprendizagem significativa.

Ausubel sustenta que a aprendizagem significativa por recepção emerge nos estágios mais avançados de maturidade cognitiva, caracterizando-se como a forma mais simples e eficiente de aquisição de conhecimento.

Podem-se citar pelo menos três relações relevantes entre o trabalho de Ausubel e o ensino de engenharia:

1. os conceitos de engenharia normalmente são pré-requisitos para a aprendizagem posterior, isto é, a aprendizagem significativa de um determinado conceito depende do conhecimento ou domínio prévio, por parte do estudante, de um mais conceitos que apoiam e servem de ponto de partida da aprendizagem;

2. por se tratar de um curso superior, assume-se que os estudantes possuam a maturidade cognitiva adequada para a aprendizagem por recepção;
3. uma grande quantidade de conceitos a serem aprendidos semestralmente exige que se adotem processos de aprendizagem por recepção, pois os professores têm receio de não cumprir o conteúdo programático caso adotem alternativas de aprendizagem por descoberta (PRINCE; FELDER, 2006).

Infelizmente, não é válida a premissa de que todos os estudantes que ingressam em cursos de engenharia tenham a maturidade cognitiva adequada para acompanhar um curso fundamentado exclusivamente em aprendizagem por recepção. Relevantes diferenças em termos de quantidade e qualidade dos conceitos subsunçores são um forte motivo para se considere a personalização do ensino. Neste trabalho (vide seção 3.2) é proposto o “*Princípio dos Subsunçores*”, uma recomendação a ser adotada em qualquer projeto de OA com o objetivo de garantir que o estudante tenha os subsunçores necessários para alcançar os objetivos educacionais propostos.

Paralelamente, alguns estudantes deixam de aprender significativamente por falta de autocrítica ou por relutarem em lançar mão do esforço necessário para aprender (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980), o que pode ser trabalhado à medida que estes estudantes deixem de ser espectadores de uma aprendizagem por recepção e passem a ser protagonistas em sistemas interativos (vide seção 3.4 - Ação e Motivação).

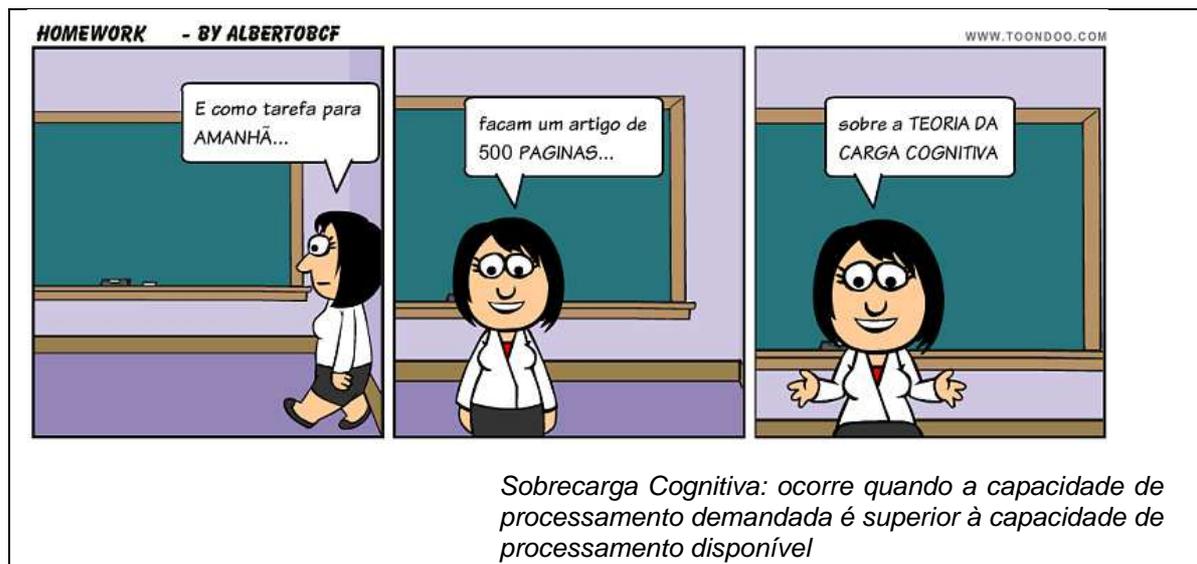
2.2.2 Teoria da Carga Cognitiva

A Teoria da Carga Cognitiva (SWELLER, 1988) considera capacidade de processamento necessária para a aquisição de esquemas⁴ e as questões relacionadas aos problemas decorrentes da sobrecarga cognitiva (Figura 2.4), que ocorre quando a capacidade de processamento demandada é maior do que a capacidade de processamento disponível.

³(AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980) definem Proposição como “descrições da realidade criadas pelo homem”.

⁴Sweller (1988) define esquema como uma estrutura que permite identificar a situação problema como pertencente a uma determinada categoria de situações problema que normalmente necessita movimentos específicos.

Figura 2.4 - Sobrecarga Cognitiva



Fonte: Elaborado pelo autor com uso da ferramenta www.toondoo.com

Diversos estudos (SWELLER, 1988; SWELLER et al 1998; PAAS et al, 2003; LOW & SWELLER, 2005) apresentam princípios de projeto fundamentados na *Teoria da Carga Cognitiva*, que é descrita por van Merriënboer e Sweller (2010) a partir da arquitetura cognitiva humana (Figura 2.5). São considerados três tipos de memória:

1. memória sensorial;
2. memória de trabalho;
3. memória de longo prazo.

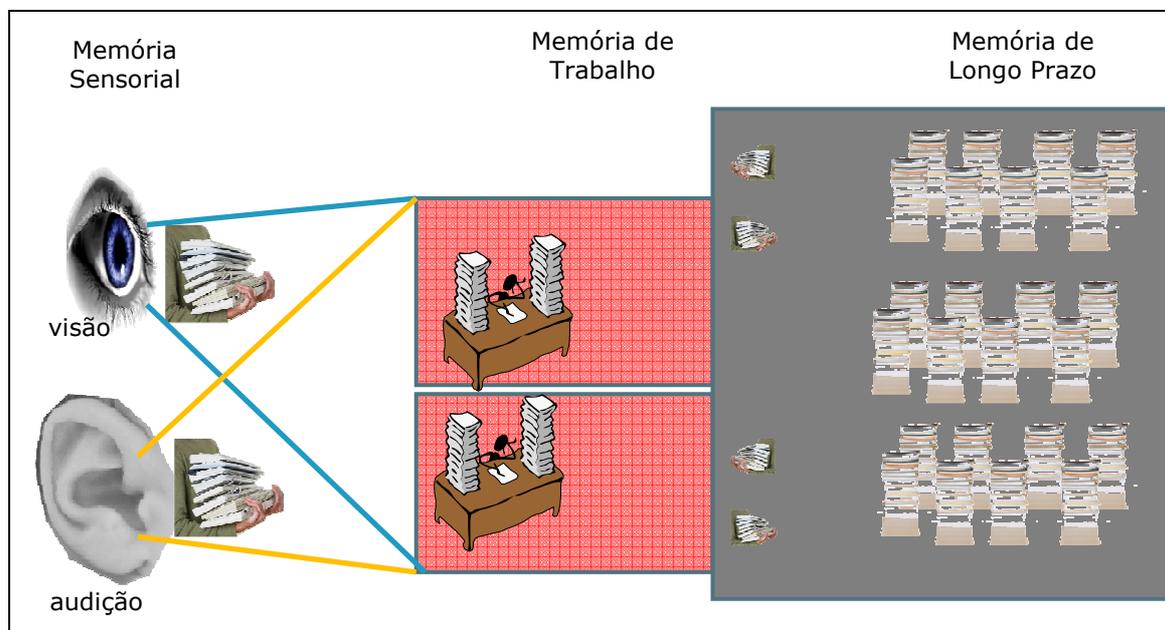
A memória de longo prazo possui capacidade virtualmente infinita, mas somente pode ser acessada conscientemente através da memória de trabalho, que é limitada quanto a sua capacidade e tempo de retenção. Tipicamente, o ser humano consegue lidar em sua memória de trabalho com cinco a nove elementos de informação simultaneamente (sete mais ou menos dois).

Elementos de informações novos (adquiridos através da memória sensorial) possuem ainda uma característica volátil, pois são perdidos cerca de 20 segundos após o último acesso.

O número máximo de elementos de informação tratados simultaneamente se reduz para um valor entre dois e quatro, quando há necessidade de algum tipo de processamento (organizar, comparar, ou qualquer outro processo) (VAN MERRIËNBOER; SWELLER, 2010).

Os elementos de informação trazidos da memória de longo prazo não são voláteis (isto é, não são perdidos após 20 segundos), e contam como um único elemento na memória de trabalho independentemente de sua complexidade.

Figura 2.5 - Arquitetura Cognitiva Humana



Fonte: adaptado de (MAYER, 2008); Imagens: Microsoft Office Clipart

Van Merriënboer e Sweller (2010) propõem a classificação da carga cognitiva em três categorias:

1. **carga cognitiva intrínseca (*intrinsic*)**: refere-se à carga cognitiva relacionada ao número de elementos novos de informação que são tratados simultaneamente;
2. **carga cognitiva pertinente (*germane*)**: refere-se à carga cognitiva vinculada a tarefas ou informações que contribuam para a aprendizagem, isto é, tarefas ou informações que contribuam para a construção ou aperfeiçoamento dos esquemas;
3. **carga cognitiva dispersiva (*extrinsic*)**: refere-se à carga cognitiva que consome desnecessariamente recursos cognitivos.

Como estratégia para a redução de risco de sobrecarga cognitiva, sugere-se a eliminação da carga cognitiva dispersiva e a redução do número de elementos novos de informação simultâneos (redução da carga cognitiva intrínseca).

Alguns dos princípios de projeto multimídia propostos por Mayer (2008) são fundamentados na redução da carga dispersiva. Por exemplo, o *Princípio da Coerência*,

visa eliminar qualquer elemento de informação que não esteja diretamente relacionado ao objetivo educacional e o *Princípio da Continuidade Espacial* visa evitar a dispersão da atenção do estudante procurando informações que deveriam estar próximas.

Baddeley (2010) destaca a existência de canais independentes de processamento de informações, associados aos modos sensoriais individuais: um canal para lidar com esquemas visuais ou espaciais e outro canal para lidar com as informações auditivas, especialmente a voz. O uso dos dois canais possibilita o tratamento de um número maior de elementos de informação simultâneos, o que está em consonância com as propostas de apresentação multimodal (MORENO; MAYER, 2007) e com o princípio de projeto multimídia (MAYER, 2008), além de propiciar o amplo atendimento dos estilos de aprendizagem na dimensão visual-verbal (FELDER; SILVERMAN, 1988).

Observe que a Teoria da Carga Cognitiva e a Estrutura Cognitiva Humana podem ser utilizadas como fundamento de outros princípios de projeto, como por exemplo, o *Princípio da Continuidade Temporal* (MAYER, 2008), que está em consonância com a característica volátil da memória de trabalho (elementos novos de informação são perdidos cerca de 20s após o último acesso).

2.3 Motivação e Autodeterminação

Diversos autores (MAYER, 2008; MORENO; MAYER, 2007; VAN MERRIËNBOER; SWELLER, 2010) tem apresentado recomendações de projeto de Objetos de Aprendizagem fundamentadas em princípios cognitivos. A Teoria da Carga Cognitiva apresentada na seção 2.2.2 fundamenta princípios que tem por objetivo minimizar o risco de ocorrência de uma sobrecarga cognitiva. Não obstante a relevância dos aspectos cognitivos, o *designer instrucional* não poderá se preocupar exclusivamente com os aspectos cognitivos; pelo contrário, a ponderação da dimensão afetiva no projeto de OAs é uma questão essencial, pois o estudante somente aprenderá se estiver adequadamente motivado (Figura 2.6).

Figura 2.6 - Redução da Carga Cognitiva x Motivação



Fonte: Elaborado pelo autor com uso da ferramenta www.toondoo.com

A palavra motivação frequentemente é precedida por indicativos de intensidade (muito motivado ou pouco motivado). Ryan e Deci (2000) apresentam uma abordagem qualitativa, que faz uso de uma escala de autodeterminação crescente, associada à motivação e ao estilo de controle (Figura 2.7).

Figura 2.7- Motivação e autodeterminação



Fonte: (RYAN; DECI, 2000); Tradução do autor

O menor nível de autodeterminação ocorre quando não há motivação (*Sem Motivação*), situação em que o objeto de estudos não é valorizado e não há qualquer tipo de fato que motive a ação.

O maior nível de autodeterminação está associado à *Motivação Intrínseca*. Neste tipo de motivação, o estudante percebe⁵ a aprendizagem do tema como um interesse pessoal; a simples aprendizagem lhe dá satisfação (Figura 2.8).

⁵ Observe que *interno* ou *externo* é a forma *como o estudante percebe* a origem da motivação.

Figura 2.8 - Motivação Intrínseca



Fonte: Elaborado pelo autor com uso da ferramenta www.toondoo.com

As motivações extrínsecas não estão diretamente associadas à aprendizagem do tema propriamente dito, e são classificadas quanto ao estilo regulatório. A lista a seguir apresenta os quatro estilos relacionados à motivação extrínseca em ordem crescente de autodeterminação:

1. **controle externo:** o estudante percebe que suas ações são resultado de pressão ou coerção externa; tratam-se principalmente de motivações fundamentadas na teoria do condicionamento operante (SKINNER, 2005), em que um agente externo controla as ações do estudante;
2. **controle introjetado:** existe uma forma de controle interno, mas a ação está relacionada a questões como a culpa, a ansiedade ou o orgulho;
3. **controle através de identificação:** existe uma valoração consciente, e a ação é percebida como pessoalmente importante;

4. **controle integrado:** o motivo da ação é integrado aos valores e interesses do próprio estudante. Difere do controle intrínseco apenas pelo fato de que os resultados podem ser separados da satisfação inerente à aprendizagem do tema.

No estilo de controle externo através da identificação e de controle integrado podem ser tão efetivos quanto o estilo de regulação interna, pois há uma percepção de que a aprendizagem está relacionada a aspectos pessoalmente importantes (Figura 2.9).

Figura 2.9 - Motivação através da identificação ou controle integrado

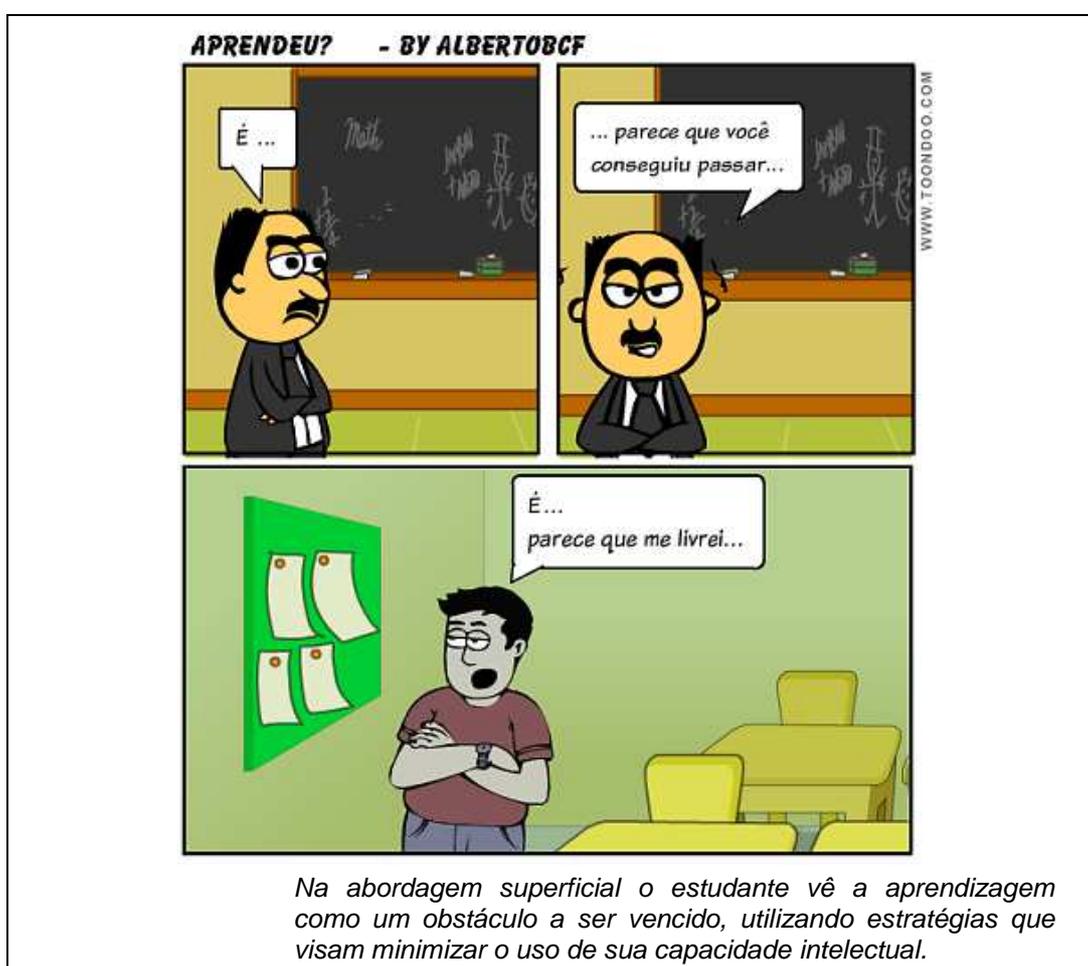


Fonte: Elaborado pelo autor com uso da ferramenta www.toondoo.com

As pesquisas de Baeten *et al.*(2010) apresentam as relações existentes entre a motivação autônoma⁶ (alto grau de autodeterminação), a complexidade das tarefas, e a profundidade⁷ de abordagem para a aprendizagem.

Em contraposição à abordagem profunda está a “*abordagem superficial*” (Figura 2.10), aquela em que o estudante vê a aprendizagem como um obstáculo a ser vencido, utilizando estratégias de aprendizagem tais como a simples memorização (BIGGS, 2001; ENTWISTLE *et al.*, 2001) que visam minimizar o uso de sua capacidade intelectual (HEIKKILÄ *et al.*, 2011).

Figura 2.10 - Abordagem superficial



Fonte: Elaborado pelo autor com uso da ferramenta www.toondoo.com

⁶ “**Motivação autônoma**” é a motivação associada às vontades e escolhas próprias do estudante. É conceituada em contraposição à da “**Motivação Controlada**”, aquela que é decorrente de pressão ou coerção externa. A motivação autônoma inclui a motivação intrínseca e as motivações extrínsecas internalizadas (VANSTEENKISTE & DECI, 2006).

⁷ “**Abordagem profunda para a aprendizagem**” é aquela em que o estudante empenha um esforço sincero e eficaz para o entendimento, adotando estratégias tais como a busca de relacionamento dos novos conteúdos com seus conhecimentos existentes, reflexão, verificação de evidências, exame crítico dos argumentos, discussões, busca de informações complementares, etc.

“*Tarefa Complexa*” é definida por Kyndt et al (2011) como aquela tarefa que possui muitas alternativas de solução e múltiplas soluções.

A *percepção da complexidade* de uma tarefa depende não apenas da tarefa propriamente dita, mas é também influenciada por fatores tais como a motivação do estudante e os recursos disponíveis (recursos cognitivos, ferramentas, tempo, etc.) (BRAARUD, 2001; CAMPBELL, 1988; KYNDT et al., 2011; MANGOS; STEELE-JOHNSON, 2001).

Por outro lado, alguns autores (RICHARDSON, 2005) consideram que o tipo de abordagem é uma característica individual dos estudantes, que podem preferir utilizar a abordagem superficial, a abordagem profunda ou uma abordagem estratégica, na qual o estudante prefere utilizar a abordagem superficial, mas adota a abordagem profunda sempre que necessário para obtenção do grau necessário.

A relação positiva entre a complexidade das tarefas e a abordagem profunda de aprendizagem (BAETEN et al., 2010; KYNDT et al., 2011) sugerem que se aumente a complexidade dos Objetos de Aprendizagem, o que entra em aparente contradição com os objetivos de minimização de carga cognitiva. No entanto, uma análise mais cuidadosa do trabalho de van Merriënboer e Sweller (2010) permitirá observar que as recomendações apresentadas não são no sentido de reduzir a carga cognitiva indefinidamente:

The reduction of cognitive load prevents overload and frees up processing resources that can be devoted to genuine learning. It is sometimes desirable to increase intrinsic load in order to increase the associated germane load⁸. (VAN MERRIËNBOER; SWELLER, 2010)

Da mesma forma, as pesquisas de Kyndt *et al.*, (2011), não sinalizam que se deva aumentar indefinidamente a carga de trabalho com o objetivo de incrementar a motivação:

In the high workload - high task complexity condition ... controlled motivation related positively to the perception of workload... The combination of high workload and high task complexity might exceed their threshold in terms of the amount of effort they are willing to invest⁹ (KYNDT et al., 2011)

⁸A redução da carga cognitiva tem por objetivo evitar a sobrecarga e liberar recursos de processamento que podem ser dedicados à real aprendizagem. Algumas vezes é desejável aumentar a carga cognitiva intrínseca, visando aumentar a carga cognitiva pertinente. (Tradução do Autor)

⁹ Na condição de alta carga de trabalho associada à alta complexidade ... a motivação se relaciona positivamente com a percepção de carga de trabalho... (No entanto) a combinação de alta carga de trabalho e alta complexidade de tarefas poderá exceder o esforço total que os estudantes estão dispostos a investir (Tradução do autor).

No próximo capítulo será apresentada a fundamentação teórica utilizada no desenvolvimento da metodologia de Projeto Baseado em Trajetórias de Aprendizagem e do Modelo de Trajetórias de Aprendizagem Conceitual.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os princípios de projeto propostos neste trabalho são fundamentados em três teorias:

1. Teoria da aprendizagem significativa
2. Teoria da Carga Cognitiva
3. Teoria da Autodeterminação

Tanto a *Teoria da Aprendizagem Significativa* como a *Teoria da Carga Cognitiva* focam-se no domínio cognitivo. Estas duas teorias possuem uma grande aderência entre si no que diz respeito a caracterizar o processo de aprendizagem como aquele que estabelece relacionamentos entre a estrutura cognitiva previamente existente e os novos elementos de informação apreendidos. O Quadro 3.1 apresenta uma comparação entre estas duas teorias, que são agregadas na fundamentação teórica desta tese.

Quadro 3.1 - Comparação entre a Teoria da aprendizagem significativa e a Teoria da Carga Cognitiva

Teoria da Aprendizagem Significativa	Teoria da Carga Cognitiva
<i>Conceito são objetos, eventos, situações ou propriedades que possuam atributos essenciais e são designados numa cultura por um determinado símbolo ou signo aceito. (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980) p.73.</i>	<i>Esquema é uma estrutura cognitiva que permite reconhecer um problema como pertencente a uma determinada categoria que normalmente requer movimentos particulares (SWELLER, 1988). Esquema é uma estrutura cognitiva que incorpora diversos elementos de informação em um único elemento que tenha uma função específica. (PAAS; RENKL; SWELLER, 2003)</i>
<i>Aquisição de Conhecimento</i>	<i>Aquisição de Esquemas</i>
<i>Foco na aprendizagem significativa (estabelecimento de relações entre conceitos subsunçores e novos elementos de informação), em oposição à aprendizagem mecânica ou memorística. A super aprendizagem por recepção é relacionada ao aumento do tempo de retenção.</i>	<i>Foco na solução de problemas e na carga cognitiva resultante do número de elementos de informação processados simultaneamente. A automação dos esquemas é apresentada como um importante aspecto para a resolução de problemas complexos sem demandar recursos cognitivos da memória de trabalho.</i>
<i>Principal autor: Ausubel (1918-2008) - Aprendizagem por recepção.</i>	<i>Principal Autor: Sweller (1946) - Aprendizagem multimídia e arquitetura cognitiva humana.</i>
<i>A aprendizagem significativa é necessariamente uma aprendizagem ativa, pois exige a realização de um conjunto de operações cognitivas: acessar os conceitos subsunçores, compará-los com os novos elementos de informação, resolver as contradições reais ou aparentes, reformular os conceitos conhecidos através de agregações ou diferenciações.</i>	<i>A memória de trabalho possui limitações relacionadas ao número de elementos de informação tratados simultaneamente, cujo limite máximo está na faixa entre cinco e nove. Quando existe necessidade de processamento (comparar, avaliar, etc.), este limite superior se reduz para a faixa entre quatro e dois elementos simultâneos. (VAN MERRIËNBOER; SWELLER, 2010)</i>

Na seção a seguir serão apresentadas as definições “Conceito” e “Proposição”, interpretadas nesta tese de uma forma mais abrangente do que aquela apresentada por (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980).

3.1 Conceitos e Proposições

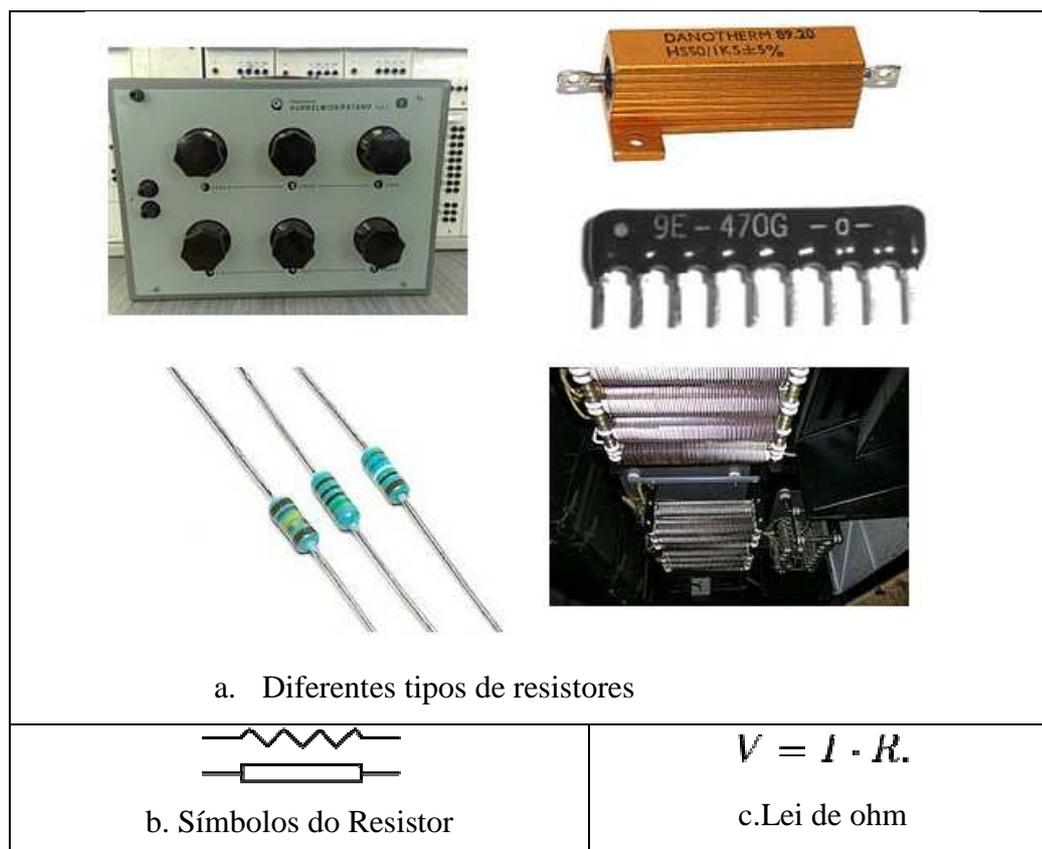
A expressão “*conceito*” será utilizada aqui conforme definição apresentada no Quadro 3.2. Para que esta definição englobe as definições de “*esquema*” e “*conceito*” apresentadas no Quadro 3.1, deve-se assumir que:

1. os esquemas de solução de problemas são procedimentos comuns que caracterizam um conjunto de objetos, eventos ou situações;
2. símbolos ou signos que representam um determinado conceito numa determinada cultura são um atributo deste conceito.

Quadro 3.2 - Definição de “Conceito”

Conceito é uma abstração que descreve um conjunto de objetos, eventos ou situações que possuam atributos ou procedimentos comuns.

Figura 3.1 - Conceito de Resistor



Fonte: Elaborado pelo autor; imagens de <http://en.wikipedia.org/wiki/Resistor>

A Figura 3.1 exemplifica a definição de *conceito* como uma abstração: diversos componentes que não possuem atributos visuais comuns (Figura 3.1a), mas são representados

pelo mesmo símbolo ou signo (Figura 3.1b) pelo fato de possuírem atributos elétricos comuns, expressos pela lei de Ohm (Figura 3.1c).

A expressão “*conceito subsunçor*” será aqui utilizada tanto no sentido original apresentado na Teoria da aprendizagem significativa (conceito previamente conhecido, no qual são ancorados os novos elementos de informação), como no sentido de um esquema de solução de problemas previamente conhecido, utilizado na teoria da carga cognitiva.

Ausubel, Novak e Hanesian (1980) definem proposição como “*descrições da realidade criadas pelo homem*”. Neste trabalho, o termo “*proposição*” será utilizado num sentido genérico, incluindo também as proposições de situações problema ou qualquer intervenção que tenha por objetivo a aprendizagem, conforme apresenta o Quadro 3.3.

Quadro 3.3 - Definição de “Proposição”

Proposição é uma proposta apresentada para o estudante com o objetivo de alcançar a um objetivo educacional.

Nas próximas seções será apresentada a base epistemológica desta tese, utilizando os termos *conceito*, *conceito subsunçor* e *proposição* com o significado acima definido.

3.2 Princípio dos Subsunçores

Objetos de Aprendizagem são projetados e utilizados com um objetivo: o *objetivo educacional*. No domínio cognitivo, os objetivos educacionais podem ser estabelecidos considerando diferentes níveis de complexidade e graus de abstração, indo desde a memorização factual até capacitação para a criação, conforme propõe a *Taxonomia de Bloom* (BLOOM; KRATHWOHL, 1956; KRATHWOHL, 2002).

Os objetivos educacionais cognitivos tipicamente estabelecidos em cursos de engenharia estão relacionados à capacitação para o projeto o que exclui a possibilidade de aprendizagem memorística. Este requisito de aprendizagem significativa se aplica aos Objetos de Aprendizagem, o que leva à premissa apresentada como o “Princípio dos Subsunçores” no Quadro 3.4.

Quadro 3.4 - Princípio dos Subsunçores

O objetivo primordial de qualquer objeto de aprendizagem é a aprendizagem significativa, isto é, o objetivo de qualquer OA é o estabelecimento de relações não arbitrarias e substantivas entre os novos conhecimentos e a estrutura cognitiva do estudante.

Cabe ressaltar que a diferenciação entre a *Aprendizagem Memorística* e a *Aprendizagem Significativa* não exclui a relevância da memorização e retenção do conhecimento nos processos de aprendizagem significativa; como não é possível separar um conceito de sua representação simbólica (LABURÚ; BARROS; SILVA, 2011), a memorização de símbolos e convenções utilizadas na engenharia sempre estará implicitamente presente nos objetivos educacionais de aprendizagem significativa.

O *Princípio dos Subsunoçores* é o principal fundamento das técnicas de *Modelagem de Trajetórias de Aprendizagem Conceitual* e *Projeto Baseado em Trajetórias de Aprendizagem* que serão apresentadas nos capítulos 4 e 5.

A expressão *Trajetória de Aprendizagem* é uma metáfora que considera o objeto de aprendizagem similar a um caminho que conecta conceitos: o ponto de partida é um conjunto de conceitos e proposições presumidamente conhecidos pelo estudante e o ponto de chegada é o conjunto de conceitos e proposições relacionados aos objetivos educacionais (CANTO et al., 2014a). O estudante que estiver posicionado no ponto de partida poderá utilizar este caminho, percorrendo uma trajetória de aprendizagem em direção ao objetivo educacional.

Ao projetar objetos de aprendizagem utilizando modelos de trajetórias de aprendizagem que tenham como ponto de partida os conceitos e proposições conhecidos pelo estudante, garante-se que seja contemplado o principal fator de aprendizagem significativa:

O fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra o que ele sabe e baseie nisso os seus ensinamentos (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980)

Dependendo dos pontos de partida e pontos de chegada, o projeto do objeto de aprendizagem poderá explorar estratégias de *Diferenciação Progressiva* ou *Reintegração Integradora* para construção de conhecimento. Isto é, a natureza dos conceitos e proposições previamente conhecidos é que definirá se a abordagem a ser adotada é “do geral para o particular” ou “do particular para o geral” (e não a dimensão “Global/Analítica” do estilo de aprendizagem).

Um exemplo de uso de estratégia de **diferenciação progressiva** seria o projeto de um objeto de aprendizagem com as seguintes especificações:

1. **ponto de partida:** conceito de *resistor* na forma como é abordado no ensino médio, com um nível de diferenciação que inclui a sua representação simbólica (Figura 3.1b) e o seu modelo funcional expresso pela *Lei de Ohm* (Figura 3.1c);
2. **ponto de chegada:** revisão do modelo funcional, considerando o efeito de variações de temperatura.

Um exemplo de estratégia de uso de **reconciliação integrativa** seria o projeto de um objeto de aprendizagem com as seguintes especificações:

1. **ponto de partida:** (conceitos abordados no ensino médio)
 - a. conhecimento da equação e representação gráfica da reta;
 - b. conhecimento do conceito de *velocidade constante* (Movimento Retilíneo Uniforme);
2. **ponto de chegada:** entendimento das relações existentes entre os conceitos de *velocidade constante* e a *tangente da reta* representada num gráfico *distância X tempo*.

3.3 Ajuste da Carga Cognitiva

A Teoria da Carga Cognitiva propõe a existência de um número máximo de elementos de informação que podem ser processados simultaneamente: a partir deste limite, o processo de aprendizagem fica comprometido. Este limiar varia entre cinco e nove elementos de informação, sendo reduzido para um intervalo entre dois e quatro quando há necessidade de algum tipo de processamento (organizar, comparar, ou outro tratamento) (VAN MERRIËNBOER; SWELLER, 2010).

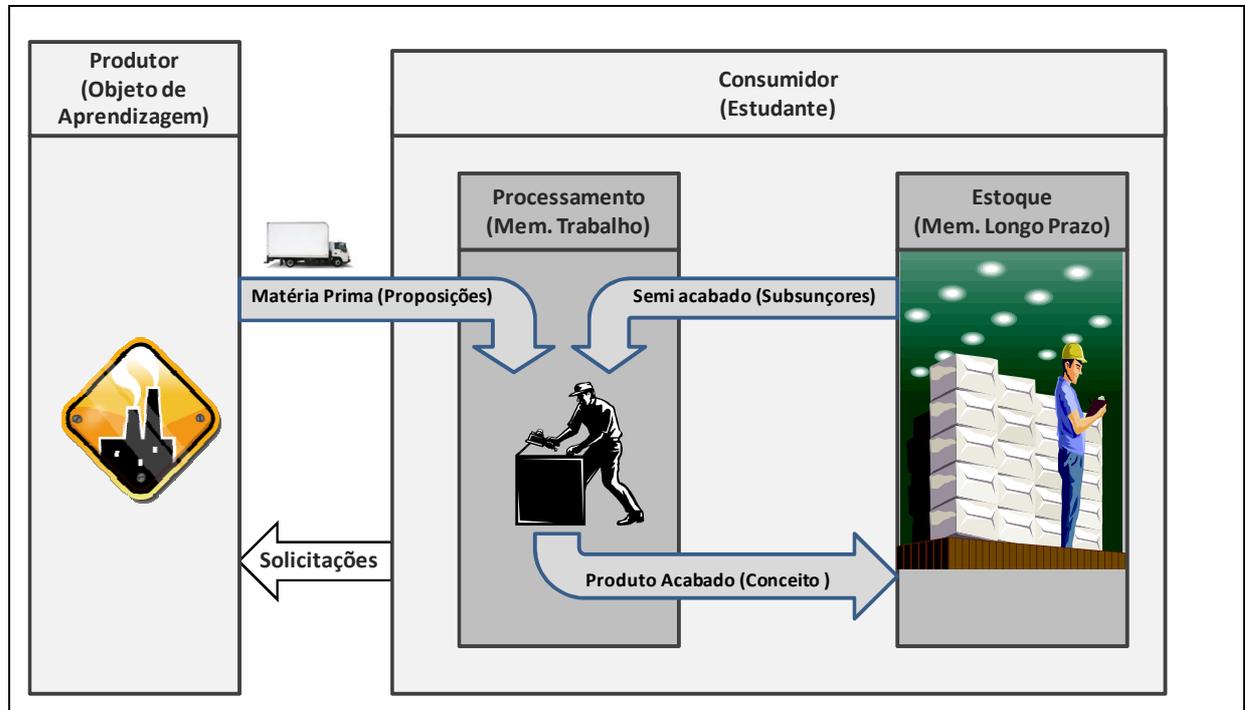
Como a Aprendizagem Significativa é decorrente de uma série de operações cognitivas nas quais o estudante deverá comparar as novas proposições com os conceitos subsunçores e resolver as diferenças encontradas, caracteriza-se a condição mais restritiva para a memória de trabalho, isto é, um número máximo de dois a quatro elementos de informação simultâneos. Se for considerada a condição mais severa, o projeto do OA deve prever apenas dois elementos simultâneos: a proposição (novo elemento de informação) e o conceito subsunçor no qual ela será ancorada (conceito previamente conhecido).

Isto é, o projeto de Objetos de Aprendizagem deve levar em consideração a variável tempo, garantindo que a apresentação de cada proposição somente ocorra após o processamento da proposição precedente. Esta necessária administração do fluxo de proposições é apresentada como o “Princípio do Ajuste de Ritmo” (Quadro 3.5).

Quadro 3.5 - Princípio do Ajuste de Ritmo (CANTO et al., 2013)

Objetos de Aprendizagem são mais eficazes quando permitem que o estudante ajuste o ritmo de execução ao seu ritmo de aprendizagem.

Figura 3.2 - Aprendizagem significativa como um processo “Produtor Consumidor Just In Time”



Fonte: Elaborado pelo autor; imagens: Microsoft Office Clipart.

A Figura 3.2 apresenta uma analogia do princípio do ajuste de ritmo com um processo do tipo “*Produtor-Consumidor Just In Time*” onde:

1. o Objeto de Aprendizagem é um *Produtor* de Proposições;
2. o estudante é um *Consumidor* de Proposições;
3. a memória de longo prazo é um *Estoque* de conceito subsunçores;
4. a memória de trabalho é uma unidade de *Processamento* de informações, cujo objetivo é relacionar as proposições com os conceitos subsunçores;
 - a. este processador possui uma capacidade de processamento limitada, podendo relacionar apenas uma proposição a um conceito subsunçor por vez;
 - b. não existe estoque de proposições: o produtor (objeto de aprendizagem) deverá fornecê-las no momento em que o consumidor (o estudante) solicitar.

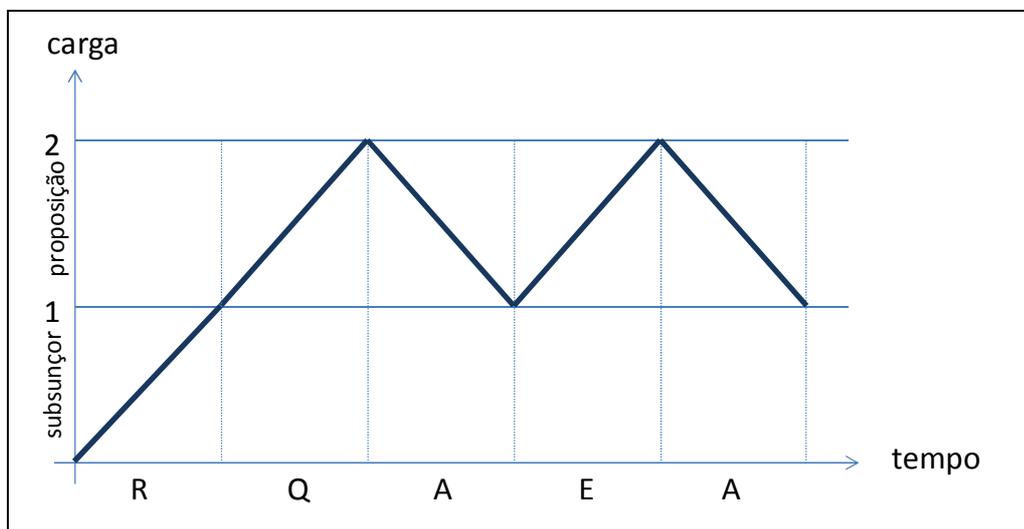
Segundo a analogia apresentada na Figura 3.2, o gargalo do processo é a memória de trabalho, que possui um estoque de processo restrito a dois elementos¹⁰ de informação: uma proposição recebida do fornecedor (o objeto de aprendizagem) e um conceito subsunçor (recuperado do estoque de produto semiacabado – a memória de longo prazo).

Estes dois elementos presentes na memória de trabalho são processados durante certo tempo, após o qual será gerado um novo conceito. Somente após este processamento a memória de trabalho terá capacidade para processar novas proposições.

Como cada estudante possui características próprias determinantes do tempo necessário para a aprendizagem significativa, é impossível definir uma taxa de apresentação de proposições que seja válida universalmente. Na Figura 3.2 é apresentada a premissa de que o próprio estudante solicite uma nova proposição após a liberação dos recursos de sua memória de trabalho, o que garante o ajuste do ritmo de apresentação das proposições.

A Figura 3.3 apresenta a carga cognitiva projetada ao longo do tempo, em sequências do tipo *Resgate (R) – Questão (Q) – Exibição (E)*. Estas sequências são um processo de descoberta guiada inserido na metodologia PBTÁ (vide capítulo 5), que tem por objetivo estimular as atividades cognitivas inerentes à aprendizagem significativa (CANTO; DE LIMA; TAROUÇO, 2013).

Figura 3.3 - Ajuste de carga cognitiva nas sequências Resgate-Questão-Exposição



Fonte: Elaborado pelo autor

O eixo vertical da Figura 3.3 (carga) apresenta o número de elementos presentes na memória de trabalho; O eixo horizontal apresenta o tempo. Observe que a carga da memória

¹⁰ Considera-se aqui o pior caso, em que a capacidade de memória de trabalho está limitada a dois elementos de informação simultâneos.

de trabalho varia entre os valores zero (no instante inicial), um (memória carregada com um conceito subsunçor) e dois (conceito subsunçor + Proposição).

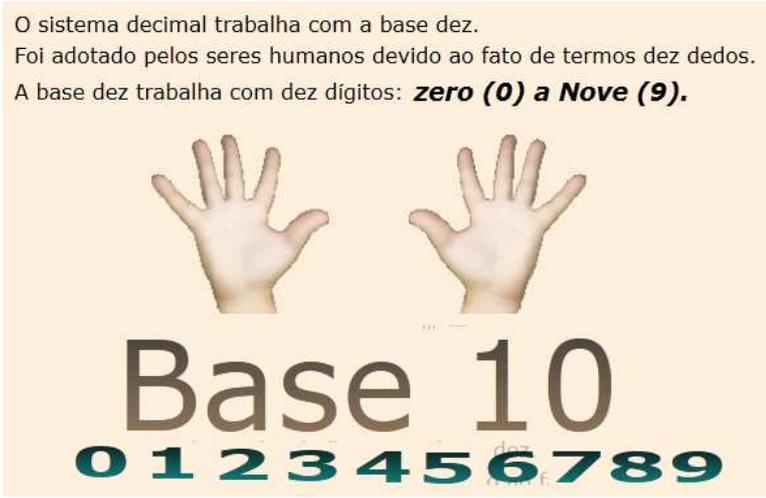
A primeira etapa nesta sequência é chamada de *resgate* (letra R, no eixo horizontal); seu objetivo é resgatar um conceito subsunçor, trazendo-o da memória de longo prazo para a memória de trabalho. Num segundo momento é apresentada uma questão *instigadora* (Letra Q, no eixo horizontal): um problema relacionado ao conceito subsunçor resgatado, que exige uma atividade cognitiva diferenciadora do conceito conhecido; neste instante a memória de trabalho fica carregada dois elementos de informação simultâneos: o conceito subsunçor e a proposição-questão. A letra 'A' apresentada na linha de tempo representa um tempo de aprendizagem significativa, no qual o estudante realiza as operações cognitivas necessárias para o estabelecimento de relações entre os conceitos subsunçores e o novo elemento de informação. O resultado destes processamentos será a modificação dos conceitos subsunçores originais por um processo de integração ou diferenciação, após o qual resultará um único elemento de informação na memória de trabalho, resultante das diferenciações ou reconciliações conceituais. Neste momento, o estudante poderá iniciar a etapa seguinte, de *exposição* (letra E, no eixo horizontal), na qual são apresentadas proposições que expõem os conceitos relacionados à questão proposta segundo a visão consolidada pela literatura; neste instante, têm-se novamente dois elementos simultâneos: a proposição exposição e os conceitos diferenciados resultantes da proposição questão. Finalmente, inicia-se uma nova etapa de aprendizagem, na qual há um novo processamento cognitivo que comparará os conceitos descobertos na resolução da questão com os conceitos consolidados recém-expostos.

A Figura 3.4 mostra um exemplo de proposições do tipo *resgate-questão-exposição* utilizadas no objeto de aprendizagem *NumBin*, utilizado nos experimentos relatados na seção 6 - Avaliação .

Figura 3.4 - Resgate-Questão-Exposição – Exemplo

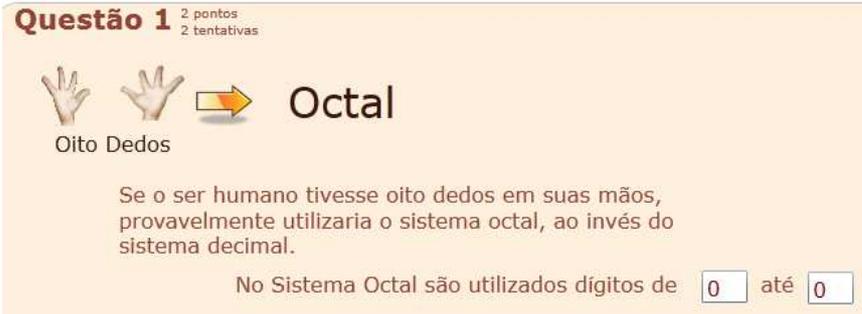
a. Resgate: conceito subsunçor é carregado na memória de trabalho

O sistema decimal trabalha com a base dez.
Foi adotado pelos seres humanos devido ao fato de termos dez dedos.
A base dez trabalha com dez dígitos: **zero (0) a Nove (9)**.



b. Questão: Proposição de uma questão instigadora, que exige um esforço cognitivo característico da aprendizagem ativa, que irá diferenciar os conceitos conhecidos:

Questão 1 2 pontos
2 tentativas



Oito Dedos

Se o ser humano tivesse oito dedos em suas mãos, provavelmente utilizaria o sistema octal, ao invés do sistema decimal.

No Sistema Octal são utilizados dígitos de até .

c. Exposição: apresentação de conceitos consolidados, relacionados à questão instigadora.

<h1>Base B</h1> <h2>0 a B-1</h2> <p>Num sistema numérico que utilize a Base B, os dígitos utilizados vão de 0 até B-1.</p>	<h1>Base 5</h1> <h2>0 a 4</h2> <p>Por exemplo, na base 5, utilizam-se dígitos de 0 a 4.</p>
--	---

Fonte: Elaborado pelo autor

A necessidade de ajuste da carga cognitiva impõe que a trajetória de aprendizagem seja subdividida em segmentos compatíveis com as limitações da memória de trabalho. Adotando a metáfora do PBTA, segundo a qual o projeto de um objeto de aprendizagem é o

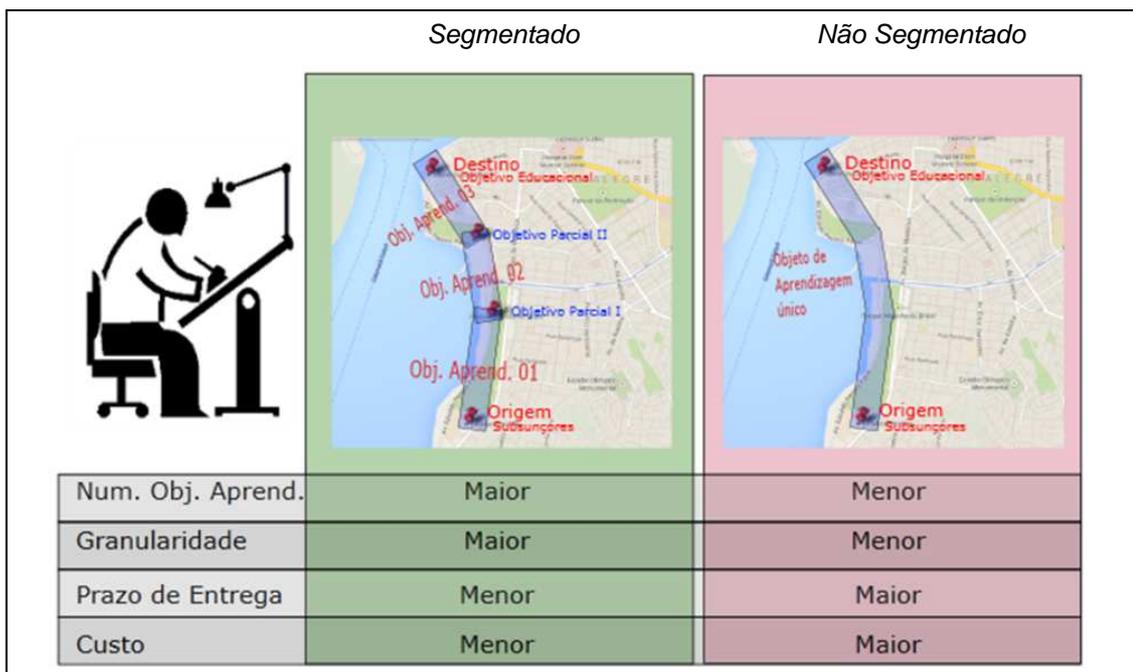
projeto de um caminho que conecta conceitos subsunçores aos objetivos educacionais, o reconhecimento das limitações da memória de trabalho é uma condição de contorno para o projeto de objetos de aprendizagem, que seria equivalente à especificação de segmentação do caminho projetado. O Quadro 3.6 apresenta o *Princípio dos Objetivos Parciais*.

Quadro 3.6 - Princípio dos Objetivos Parciais

Princípio dos Objetivos Parciais: *Objetivos educacionais subdivididos em objetivos parciais proporcionam maior velocidade de desenvolvimento, maiores possibilidades de reutilização e reduzem os riscos de sobrecarga cognitiva.*

Além de viabilizar o ajuste de carga cognitiva, a segmentação em objetivos parciais permite que se aumente a eficiência do processo de desenvolvimento, com as vantagens apresentadas na Figura 3.5.

Figura 3.5 - Objetivos Parciais e o ganho de eficiência no projeto de OAs



Fonte: Elaborado pelo autor; imagens: Microsoft Office Clipart e [Google maps](https://www.google.com/maps).

A Figura 3.6 apresenta um exemplo de segmentação, marcando uma possível trajetória de aprendizagem deste o conceito de *segmento de reta* até o conceito de *derivada*. Este exemplo mostra um tipo de segmentação no qual cada trecho da trajetória tem como objetivo a aprendizagem de um novo conceito que servirá de subsunçor para a aprendizagem do conceito subsequente.

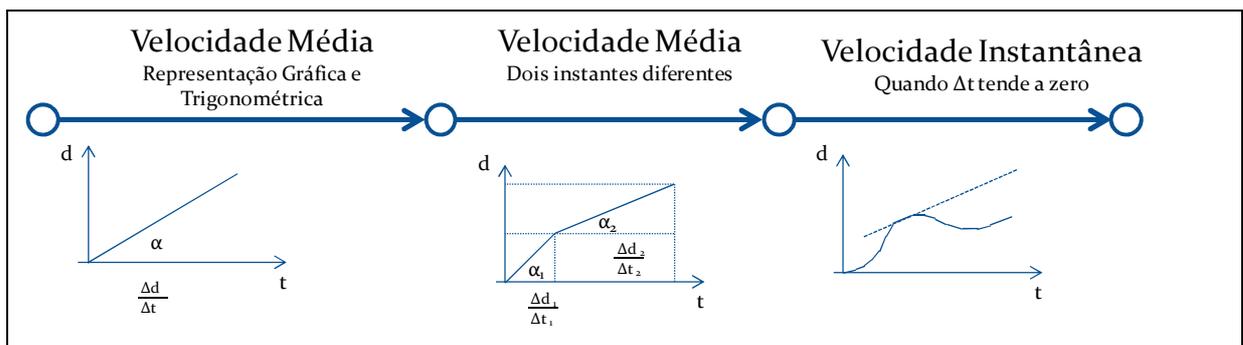
Figura 3.6 - Exemplo de Segmentação



Fonte: Elaborado pelo autor; imagens: Microsoft Office Clipart e [Google maps](https://www.google.com/maps).

A Figura 3.7 mostra outro exemplo de segmentação no qual o mesmo conceito (velocidade) é diferenciado progressivamente, partindo conceito de velocidade média até o conceito de velocidade instantânea.

Figura 3.7 - Exemplo de Segmentação por Diferenciação Progressiva



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na seção a seguir será apresentada a fundamentação teórica relacionada ao domínio afetivo.

3.4 Ação e Motivação

As características de projeto e utilização dos OAs poderão influenciar a decisão do estudante relacionada à quantidade de energia a ser aplicada para alcançar os objetivos educacionais. Isto é, o roteiro, as características construtivas e a forma de uso poderão afetar positivamente o estudante, no sentido de que ele perceba que valha a pena despender tempo e energia para alcançar os objetivos educacionais do OA. Esta necessária preocupação com o estímulo¹¹ para a aprendizagem significativa é apresentada no Quadro 3.7.

Quadro 3.7 - Princípio da Dimensão Afetiva (CANTO; DE LIMA; TAROUCO, 2014)

Objetos de Aprendizagem desenvolvidos e utilizados dentro de uma perspectiva afetiva adequada são mais eficazes do que aqueles que não o são.

A questão central que se coloca com relação ao princípio da dimensão afetiva são os aspectos relacionados à forma de estimular o estudante para a aprendizagem significativa. A complexidade das tarefas, a motivação autônoma e a abordagem profunda para a aprendizagem possuem uma relação direta (BAETEN et al., 2010); a complexidade das tarefas pode ser administrada pelo projetista instrucional, enquanto a motivação e o tipo de abordagem de aprendizagem são questões intrinsecamente relacionadas ao estudante. A aprendizagem por recepção pura é adequada para alguns estudantes, que possuem motivação intrínseca e se esforçam para realizar uma análise crítica das proposições apresentadas. No entanto, a aprendizagem por recepção pura não é intrinsecamente uma tarefa complexa, admitindo que alguns estudantes assistam à apresentação das proposições sem realizar as reflexões necessárias para a aprendizagem significativa.

O Princípio do Protagonismo (Quadro 3.8) apregoa que o estudante deve ser o protagonista de seu processo de aprendizagem, sinalizando que os objetos de aprendizagem devem executar tarefas mais complexas do que a simples recepção de conceitos apresentados pelo objeto de aprendizagem.

Quadro 3.8 - Princípio do Protagonismo

Alternativas em que o estudante seja o protagonista do processo de aprendizagem atingem um grupo mais abrangente do que aquelas baseadas apenas em aprendizagem por recepção.

¹¹ A palavra “estímulo” muitas vezes é associada a técnicas de condicionamento operante (SKINNER, 2005), nas quais predomina a aprendizagem mecânica - “Responde sem Pensar”. No contexto aqui adotado, esta palavra deve ser interpretada como “Estímulo para a realização de atividades cognitivas”, cuja resposta é a aprendizagem significativa.

O uso de recursos de interatividade para propor tarefas que exijam o entendimento/aplicação dos conceitos relacionados aos objetivos educacionais é uma forma de induzir¹² o estudante a realizar as operações cognitivas das quais decorre a aprendizagem significativa.

Na seção a seguir será apresentado o Modelo de Trajetórias de Aprendizagem Conceitual, utilizado para projetar Objetos de Aprendizagem Significativa.

¹² A expressão “Aprendizagem Indutiva” (PRINCE; FELDER, 2006) é utilizada para descrever técnicas de aprendizagem por descoberta. Muitas vezes estas técnicas são chamadas de “*Aprendizagem Ativa*” (FELDER; BRENT, 2009), expressão que entra em choque com o referencial teórico utilizado neste trabalho, segundo o qual a aprendizagem ativa se refere à *atividade cognitiva*, isto é, a aprendizagem receptiva pode ser uma aprendizagem ativa e a aprendizagem por descoberta não é necessariamente uma aprendizagem ativa (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980).

4 MODELO DE TRAJETÓRIA DE APRENDIZAGEM CONCEITUAL (MOTRAC)

O Modelo de Trajetória de Aprendizagem Conceitual (MOTRAC) tem por objetivo descrever uma Trajetória de Aprendizagem Conceitual. O Quadro 4.1 apresenta a definição de Trajetória de Aprendizagem Conceitual.

Quadro 4.1 – Definição de “Trajetória de Aprendizagem Conceitual”

Trajetória de Aprendizagem Conceitual é um processo de aprendizagem que ocorre através do estabelecimento progressivo de relacionamentos entre conceitos previamente conhecidos e novos conceitos ou proposições.

O Modelo de Trajetória de Aprendizagem Conceitual pode ser utilizado para descrever um processo real ou planejado de aprendizagem. O MOTRAC é composto por:

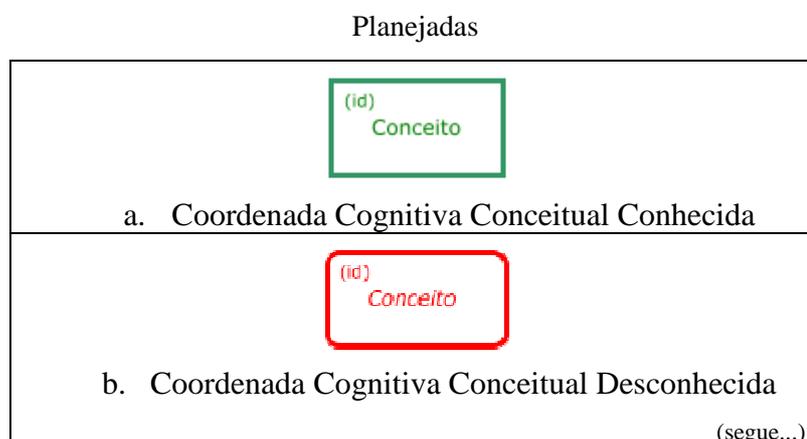
1. *Diagrama Esquemático*, contendo elementos visuais que descrevem de forma gráfica a Trajetória de Aprendizagem Conceitual;
2. *Especificações Complementares*, que apresentam detalhes sobre os elementos visuais.

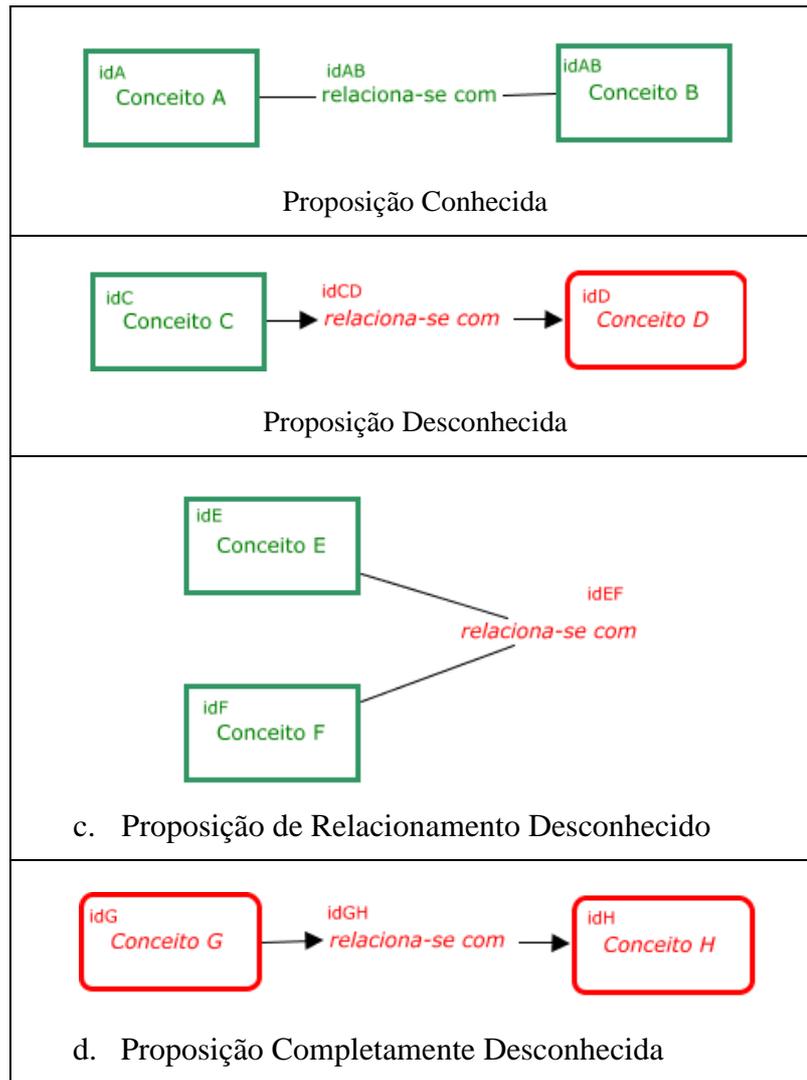
Nas seções a seguir serão apresentados os elementos utilizados na modelagem de trajetórias de aprendizagem conceitual.

4.1 Elementos de Representação Visual

O MOTRAC utiliza elementos gráficos para representar uma Trajetória de Aprendizagem Conceitual Planejada. Estes elementos são apresentados na Figura 4.1.

Figura 4.1 – Elementos de representação visual utilizados no Modelo de Trajetórias Conceituais





Fonte: Elaborado pelo autor com o software *CMapTools*.

Cada um dos elementos visuais apresentados na Figura 4.1 possui um identificador único, utilizado para relacioná-lo com seus atributos não visuais.

Nas seções a seguir estes elementos visuais e seus atributos não visuais serão apresentados com mais detalhes.

4.2 Coordenada Cognitiva

O Quadro 4.2 apresenta a definição de conceito.

Quadro 4.2 - Definição de “Conceito”

Conceito é uma abstração que descreve um conjunto de objetos, eventos ou situações que possuam atributos ou procedimentos comuns.

Em trajetórias de aprendizagem *por diferenciação* ocorre uma evolução dentro de um mesmo conceito, razão pela qual a MOTRAC faz uso da definição de *Coordenada Cognitiva*, apresentada no Quadro 4.5.

Quadro 4.3 - Definição de “Coordenada Cognitiva”

Coordenada Cognitiva é uma tripla

(*Conceito/Proposição, Conhecimento, Processo*),

onde:

- **Conceito/Proposição:** é a descrição textual de um objetivo educacional relacionado a um conceito ou proposição relacional;
- **Conhecimento:** valor enumerado correspondente à dimensão ‘Conhecimento’ da taxonomia revisada de Bloom; pode assumir um dos seguintes valores:
 0. Desconhece;
 1. Conhecimento Factual;
 2. Conhecimento Conceitual;
 3. Conhecimento Procedural;
 4. Metaconhecimento;
- **Processo:** valor enumerado correspondente à dimensão ‘Processo Cognitivo’ da taxonomia revisada de Bloom; pode assumir um dos seguintes valores:
 0. Desconhece;
 1. Lembrar;
 2. Entender;
 3. Aplicar;
 4. Analisar;
 5. Avaliar;
 6. Criar.

A definição de *coordenada cognitiva* está baseada na *Taxonomia Revisada de Bloom* (KRATHWOHL, 2002) e propõe um sistema similar aos sistemas de localização geográfica: assim como as coordenadas geográficas (Latitude, Longitude, Altitude) permitem a localização no espaço físico, as coordenadas cognitivas têm o objetivo de localização no espaço conceitual¹³.

¹³ Espaço Conceitual é um conjunto de conceitos inter-relacionados pertencentes a um escopo de ensino e aprendizagem. (ver seção 5.1).

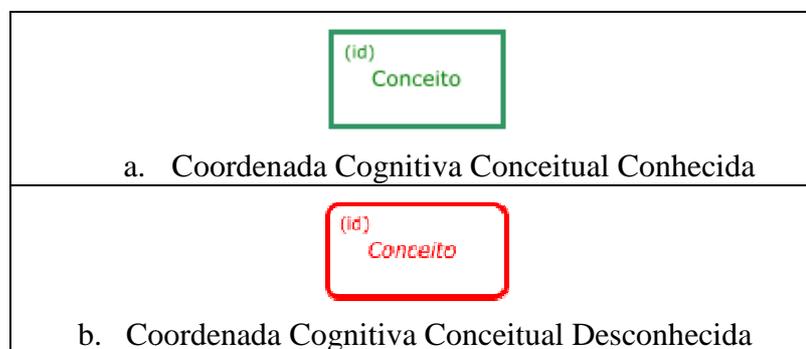
Coordenadas Cognitivas são classificadas segundo dois sistemas de classificação:

1. Classificação *quanto ao tipo de coordenada cognitiva*:
 - a. *Coordenada Cognitiva Conceitual*: quando a coordenada cognitiva se refere a um conceito;
 - b. *Coordenada Cognitiva Relacional*: quando a coordenada cognitiva se refere a uma Proposição que relaciona conceitos.
2. Classificação *quanto ao conhecimento prévio dos estudantes*:
 - a. *Conhecida*: o estudante já alcançou o objetivo educacional associado à coordenada cognitiva;
 - b. *Desconhecida*: o estudante ainda não alcançou o objetivo educacional associado à coordenada cognitiva;

4.2.1 Coordenadas Cognitivas Conceituais

A Figura 4.2 mostra a forma como as Coordenadas Cognitivas Conceituais são representadas visualmente no MOTRAC.

Figura 4.2 – Representação Visual das Coordenadas Cognitivas Conceituais



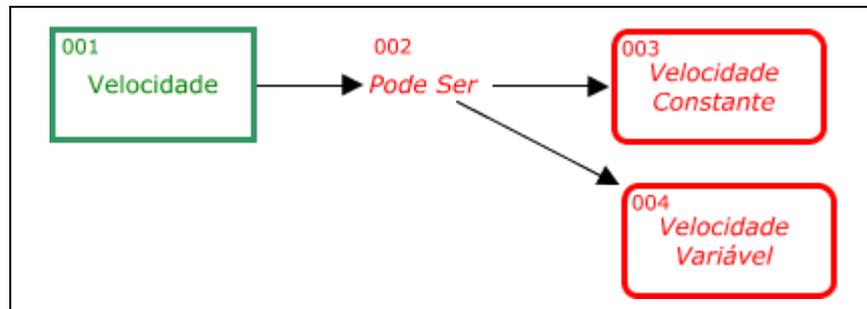
Fonte: Elaborado pelo autor com o software *CMapTools*.

Os seguintes elementos visuais são apresentados na Figura 4.2:

1. *Coordenadas Cognitivas Conceituais Conhecidas*: utilizam-se a cor verde, textos regulares e retângulos com ângulos retos;
2. *Coordenadas Cognitivas Conceituais Desconhecidas*: utilizam-se a cor vermelha, textos itálico e retângulos com cantos arredondados;
3. *Identificador*: valor numérico único, utilizado para relacionamento com as informações complementares da Coordenada Cognitiva.

A Figura 4.3 mostra um exemplo no qual o conceito de *Velocidade* é modelado visualmente como três Coordenadas Cognitivas Conceituais e uma Coordenada Cognitiva Relacional.

Figura 4.3 – Exemplo de Representação Visual de Coordenadas Cognitivas



Fonte: Elaborado pelo autor com o software *CMapTools*.

O Quadro 4.4 apresenta um exemplo que lista as coordenadas cognitivas associada aos conceitos e proposições apresentados na Figura 4.3.

Quadro 4.4 – Lista de Coordenadas Cognitivas

<p>Identificador 001: Velocidade</p> <ul style="list-style-type: none"> • Descrição: <ul style="list-style-type: none"> ○ <i>Conhecimento factual do conceito de Velocidade; Entendimento do significado da palavra velocidade de forma intuitiva e não formal; Conhecimento do sistema de medição de velocidade existente nos painéis de automóveis (Velocímetros).</i> • Conhecimento: Factual; • Processo: Entender; <p>Identificador 002: Velocidade pode ser: Velocidade Variável; Velocidade Constante</p> <ul style="list-style-type: none"> • Descrição: <ul style="list-style-type: none"> ○ <i>Proposição Diferenciadora de velocidade (id=001). Entendimento das diferenças existentes velocidade constante e velocidade variável;</i> • Conhecimento: Factual; • Processo: Entender; <p>Identificador 003: Velocidade Constante</p> <ul style="list-style-type: none"> • Descrição: <ul style="list-style-type: none"> ○ <i>Entendimento do conceito de velocidade constante (módulo) e da forma como a velocidade é calculada a partir do conhecimento da distância percorrida e tempo transcorrido.</i> • Conhecimento: Procedural; • Processo: Aplicar; <p style="text-align: right;">Segue...</p>
--

Identificador 004: Velocidade Variável

- **Descrição:**
Entendimento do conceito de velocidade variável (módulo) de forma intuitiva e não formal, fundamentado no sistema de medição existente nos painéis de automóveis (velocímetros).
- **Conhecimento:** *Conhecimento Factual;*
- **Processo:** *Entender;*

4.2.2 Coordenadas Cognitivas Relacionais

O Quadro 4.5 apresenta a definição de proposição.

Quadro 4.5 - Definição de “Proposição”

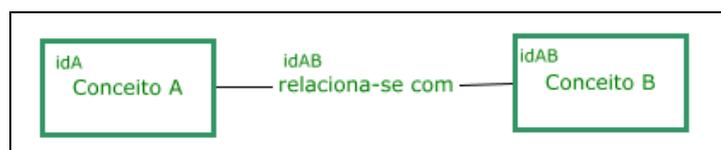
Proposição é uma proposta apresentada para o estudante com o objetivo de alcançar a um objetivo educacional.

O MOTRAC é baseado na Teoria da Aprendizagem Significativa (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980), segundo a qual a aprendizagem significativa requer que se estabeleçam relações não arbitrárias e substantivas entre a estrutura cognitiva prévia e os novos elementos de informação. Neste contexto, o planejamento de uma trajetória de aprendizagem conceitual é a definição de um conjunto progressivo de relacionamentos que devem ser estabelecidos entre coordenadas cognitivas conhecidas e coordenadas cognitivas desconhecidas. A expressão *Proposição Relacional* ou simplesmente *Proposição*, é utilizada na Modelagem de Aprendizagem Conceitual planejada para se referir a uma composição de três elementos: duas coordenadas cognitivas conceituais e um termo de relacionamento entre elas. *Coordenada Cognitiva Relacional* é a coordenada cognitiva que expressa os objetivos educacionais associados à proposição relacional.

As *Proposições Relacionais* são classificadas quanto ao conhecimento prévio em quatro categorias:

1. *Proposição conhecida* (Figura 4.4): propõe o relacionamento entre duas coordenadas cognitivas conhecidas¹⁴;

Figura 4.4 – Proposição Conhecida

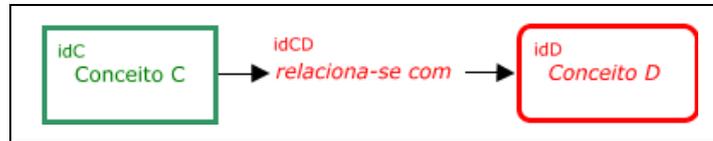


Fonte: Elaborado pelo autor com o software *CMapTools*.

¹⁴ No Modelo de Trajetória de Aprendizagem Conceitual *Planejada*, as expressões “conhece” e “desconhece” referem-se a premissas estabelecidas pelo projetista instrucional quanto ao conhecimento prévio do estudante.

2. *Proposição Desconhecida* (Figura 4.5): propõe o relacionamento entre uma coordenada cognitiva conhecida e uma desconhecida;

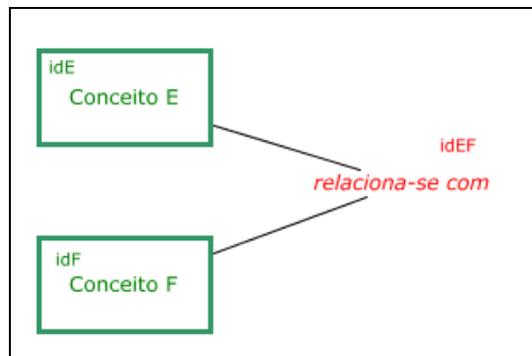
Figura 4.5 – Proposição Desconhecida



Fonte: Elaborado pelo autor com o software *CMapTools*.

3. *Proposição de Relacionamento Desconhecido* (Figura 4.6): propõe um relacionamento desconhecido entre duas coordenadas cognitivas conhecidas;

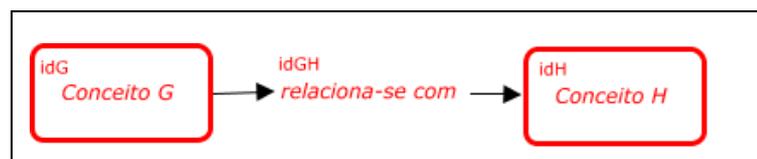
Figura 4.6 – Proposição de Relacionamento Desconhecido



Fonte: Elaborado pelo autor com o software *CMapTools*.

4. *Proposição Completamente Desconhecida* (Figura 4.7): propõe um relacionamento entre duas coordenadas cognitivas desconhecidas.

Figura 4.7 – Proposição Completamente Desconhecida



Fonte: Elaborado pelo autor com o software *CMapTools*.

As proposições relacionais utilizam setas para explicitar uma relação de precedência entre coordenadas cognitivas. Esta representação é utilizada para informar que uma determinada coordenada cognitiva (o destino da seta) está ancorada em coordenadas cognitivas conhecidas (origem da seta). Neste contexto a expressão *Coordenada Cognitiva Precedente* é utilizada conforme definição apresentada no Quadro 4.6.

Quadro 4.6 – Definição de “Coordenada Cognitiva Precedente”

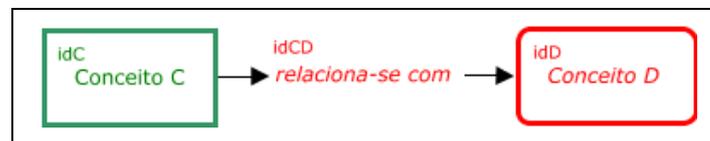
Dadas duas coordenadas cognitivas conceituais 'C1' e 'C2' e uma proposição 'P' que relaciona estas duas coordenadas, 'C1' é precedente a 'C2' na proposição 'P' quando existe uma premissa de que o conhecimento de 'C1' é condição necessária para que 'C2' se torne conhecida.

4.2.3 Proposições de Relacionamento Múltiplo

As Proposições Relacionais podem ser classificadas quanto à sua multiplicidade em duas categorias:

1. *Proposição de Relacionamento Simples* (Figura 4.8): quando uma coordenada cognitiva está ancorada em apenas uma coordenada cognitiva precedente;

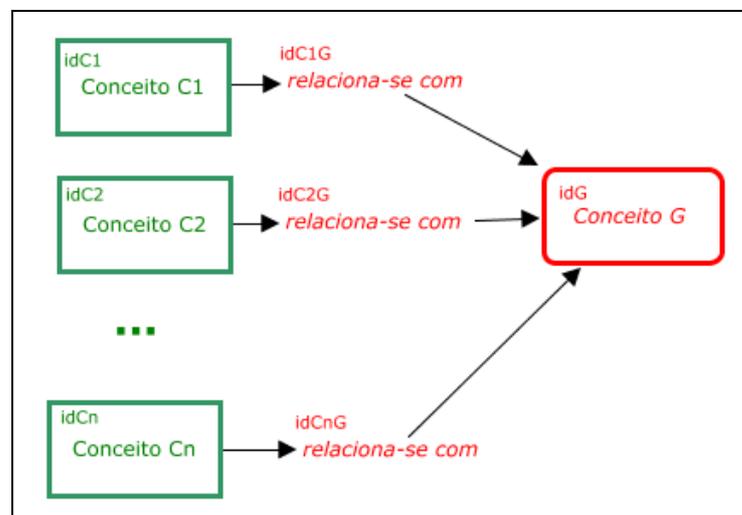
Figura 4.8 – Proposições de Relacionamento Simples



Fonte: Elaborado pelo autor com o software *CMapTools*.

2. *Proposição de Relacionamento Múltiplo* (Figura 4.9): quando uma coordenada cognitiva possui diversas coordenadas cognitivas precedentes.

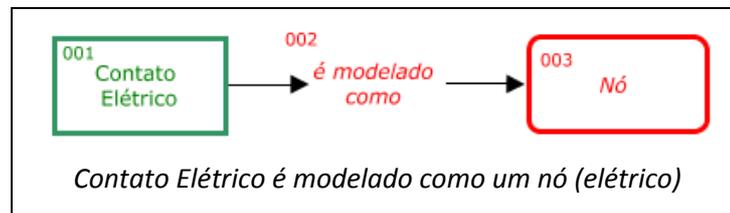
Figura 4.9 – Proposição de relacionamento múltiplo



Fonte: Elaborado pelo autor com o software *CMapTools*.

A Figura 4.10 apresenta um exemplo de proposição de relacionamento simples. O modelo mostrado tem como objetivo educacional o aprendizado do conceito de “Nó”, utilizado na modelagem de circuitos elétricos. É apresentada uma proposição que ancora este novo conceito no conceito previamente conhecido *Contato Elétrico*.

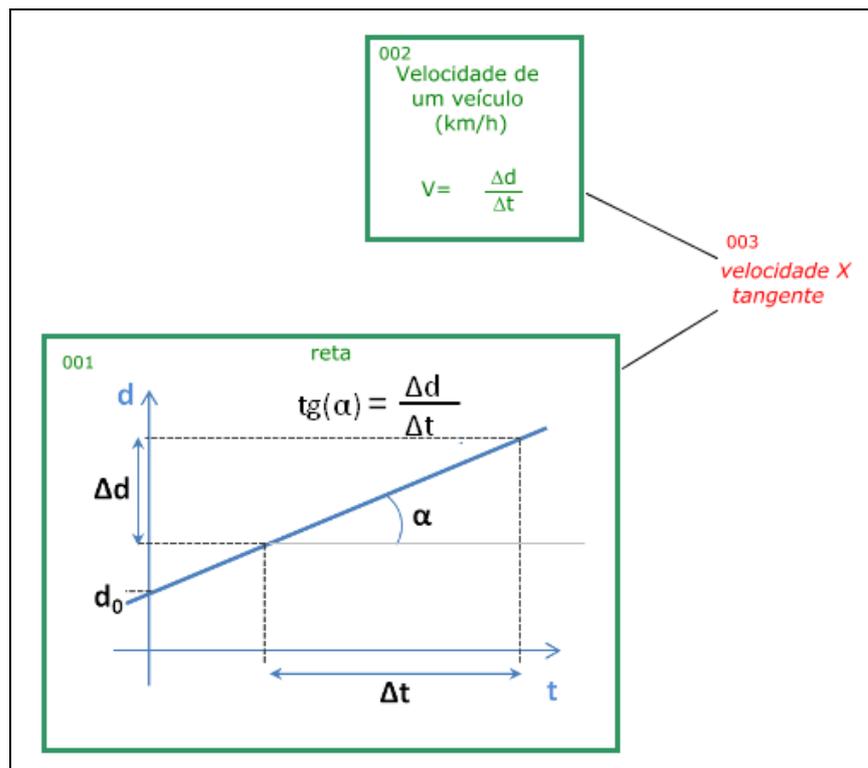
Figura 4.10 – Proposições de Relacionamento Simples



Fonte: Elaborado pelo autor com o software CMapTools.

A Figura 4.11 mostra um exemplo de *Proposição de Relacionamento Simples Desconhecido*. Neste exemplo, assume-se o conhecimento prévio dos conceitos de *velocidade constante* e *representação gráfica da reta*, e o desconhecimento de que a *velocidade* é a tangente de uma reta num gráfico distância X tempo.

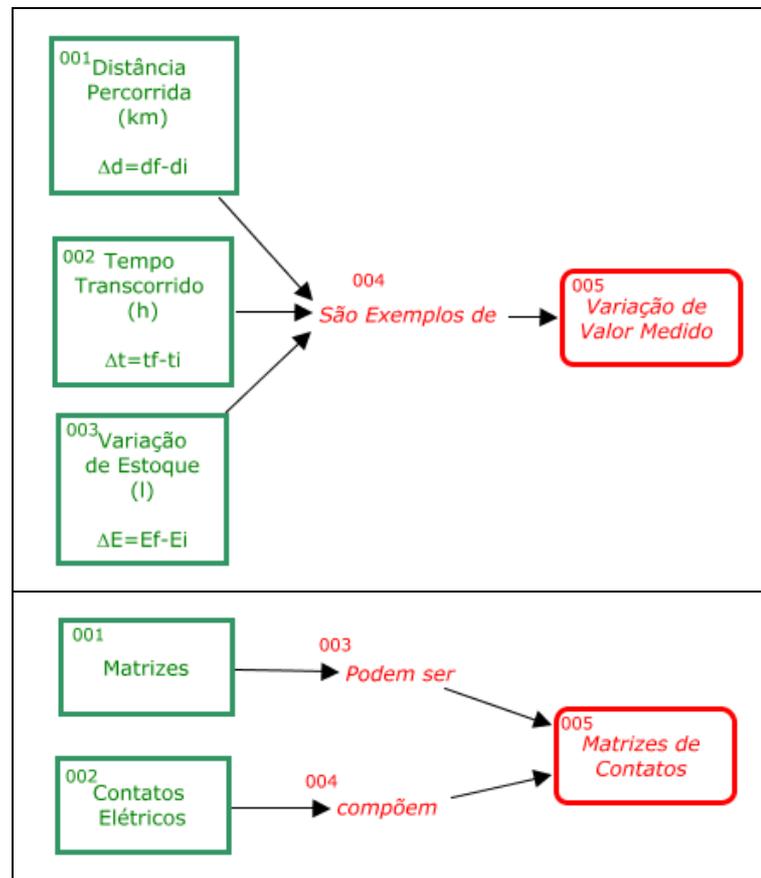
Figura 4.11 – Proposições de Relacionamento Desconhecido



Fonte: Elaborado pelo autor com o software CMapTools.

A Figura 4.12 apresenta exemplos de proposições de relacionamento Múltiplo.

Figura 4.12 – Proposições de Relacionamento Múltiplo



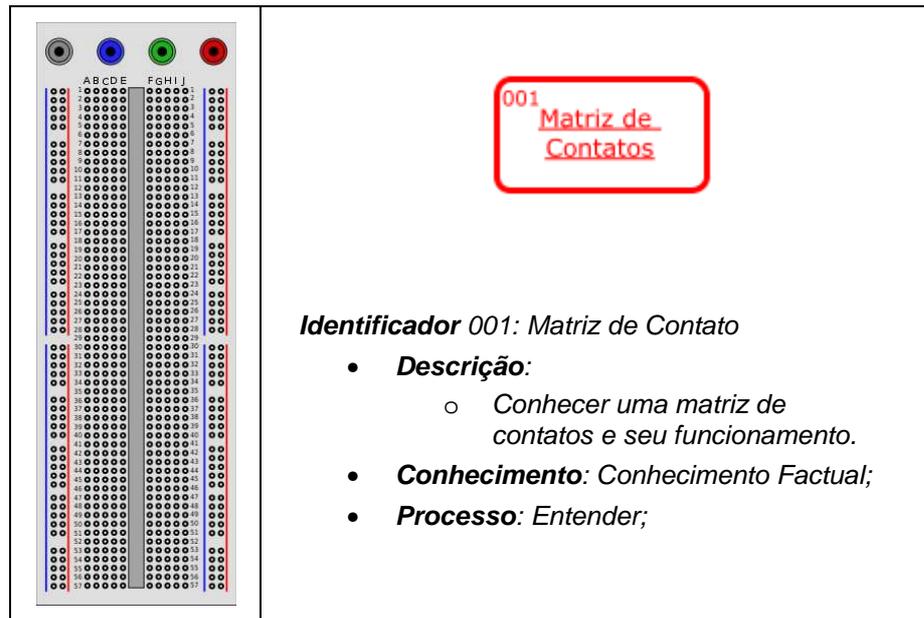
Fonte: Elaborado pelo autor com o software *CMapTools*.

4.2.4 Proposições Não Relacionais

Eventualmente pode ser necessário modelar proposições não relacionais, isto é, uma proposição que não estabeleça relacionamento com elementos previamente conhecidos. Este tipo de proposição possui um menor potencial de aprendizagem significativa e deve ser evitado quando se planeja uma trajetória de aprendizagem conceitual. Entretanto, podem ocorrer situações em que o projetista instrucional não identifique coordenadas cognitivas conhecidas nas quais possa ancorar os novos elementos de informação. Nestes casos a proposição não relacional é representada como uma coordenada cognitiva conceitual desconhecida.

A Figura 4.13 mostra um exemplo de proposição não relacional.

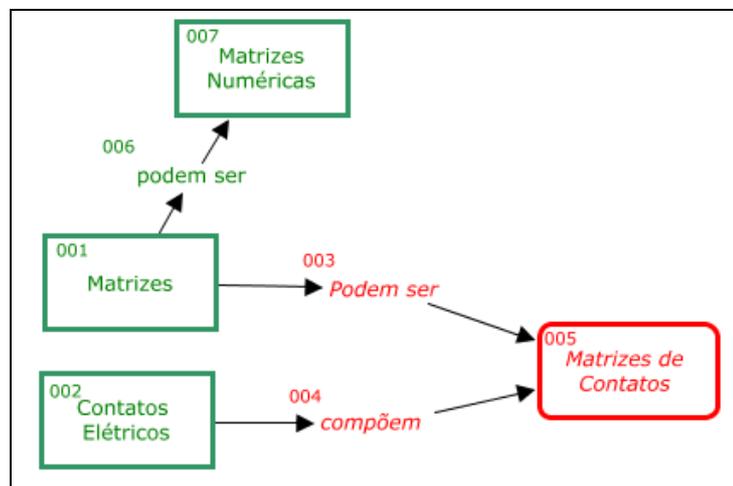
Figura 4.13 – Proposição Não Relacional



Fonte: Elaborado pelo autor com o software *CmapTools*; Imagem: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Breadboard.svg>

Observe que a *Proposição não Relacional* apresentada na Figura 4.13 poderia ser substituída com vantagens por proposições relacionais, como exemplifica a Figura 4.14.

Figura 4.14 – Proposições Relacionais



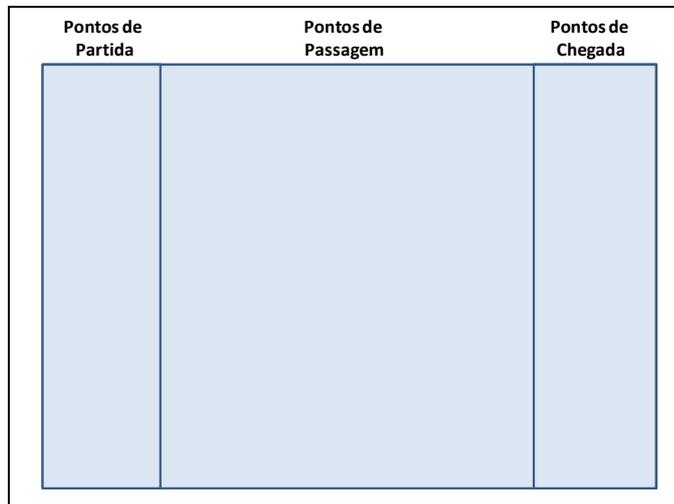
Fonte: Elaborado pelo autor com o software *CmapTools*

Na próxima seção será apresentada a forma os elementos de visuais da MOTRAC são distribuídos no *Diagrama Esquemático*.

4.3 Diagrama Esquemático

A representação visual de um Modelo de Aprendizagem Conceitual planejada utiliza um *Diagrama Esquemático* no qual os elementos de representação visual são dispostos.

Figura 4.15 – Área de Desenho



Fonte: Elaborado pelo autor

A Figura 4.15 mostra a área de desenho do diagrama esquemático de um MOTRAC dividida em três regiões:

1. *Pontos de Chegada*: Onde são dispostos os elementos visuais que representam as coordenadas cognitivas desconhecidas relacionadas aos objetivos educacionais primários do contexto de ensino e aprendizagem que está sendo modelado.
2. *Pontos de Partida*: onde são dispostos os elementos visuais que representam as coordenadas cognitivas presumidamente conhecidas pelo estudante, que se relacionam direta ou indiretamente com os objetivos educacionais primários.
3. *Pontos de Passagem*: onde são dispostos os elementos visuais que relacionam direta ou indiretamente os pontos de partida com os pontos de chegada.

A elaboração de um MOTRAC é feita tem três passos:

1. definir os objetivos educacionais do contexto de ensino e aprendizagem e acrescentar os elementos visuais correspondentes na região da área de desenho designada como “*Pontos de Chegada*”;
2. definir um conjunto de conceitos e proposições presumidamente conhecidos pelo estudante e acrescentar os elementos visuais correspondentes na região da área de desenho designada como “*Pontos de Partida*”;

3. conectar os pontos de partida aos pontos de chegada, acrescentando coordenadas cognitivas conceituais ou relacionais à região designada como pontos de passagem.

Os modelos de trajetórias de aprendizagem conceitual planejada podem ser utilizados em qualquer processo de ensino que tenha por objetivo a aprendizagem significativa. O desenvolvimento deste modelo ocorreu num contexto de desenvolvimento de uma metodologia de projeto de objetos de aprendizagem denominada *PBTA – Projeto Baseado em Trajetórias de Aprendizagem* (CANTO et al., 2014a).

Os demais detalhes do processo de Modelagem de Objetos de Aprendizagem Conceitual serão apresentados no próximo capítulo, juntamente com a apresentação da metodologia PBTA.

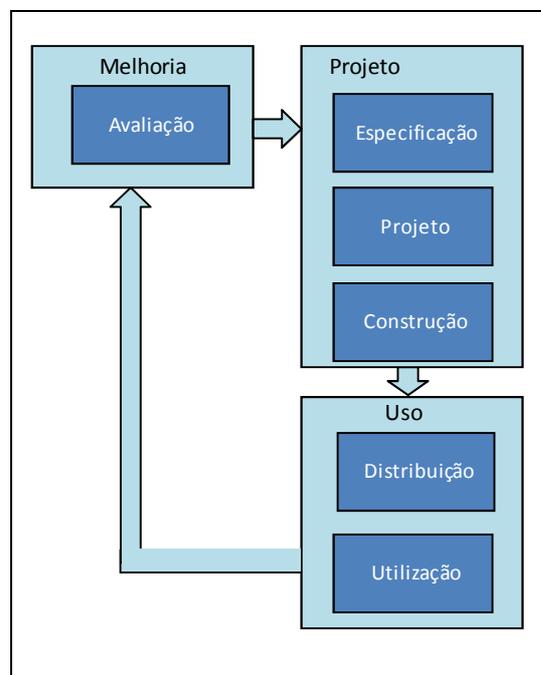
5 PBTA – PROJETO BASEADO EM TRAJETÓRIAS DE APRENDIZAGEM

O objetivo da metodologia PBTA é o projeto de objetos de aprendizagem significativa no qual se estabeleçam relações não arbitrárias e substantivas entre os novos conhecimentos e a estrutura cognitiva prévia do estudante.

O nome – *Projeto Baseado em Trajetórias de Aprendizagem* – utiliza uma metáfora, onde:

1. os objetivos educacionais são “*Pontos de Chegada*”;
2. os conceitos previamente conhecidos pelo estudante são “*Pontos de Partida*”;
3. aprender de forma significativa é percorrer uma *Trajeto*ria que sai dos *Pontos de Partida* e chega nos *Pontos de Chegada*;
4. um objeto de Aprendizagem é um do *Caminho* que liga *Pontos de Partida* a *Pontos de Chegada*;
5. é necessário que os estudantes cheguem ao *Ponto de Partida* para que possam percorrer *Caminho* que os leva até o *Ponto de Chegada*.

Figura 5.1 - Ciclo de desenvolvimento, utilização e melhoria



Fonte: elaborado pelo autor.

A expressão *metodologia de projeto* é utilizada para descrever o ciclo completo de desenvolvimento e melhoria, incluindo não apenas a etapa de projeto, mas também etapas relacionadas à construção, distribuição, utilização e avaliação, como exemplifica a Figura 5.1. Nesta figura, o ciclo de desenvolvimento de um objeto de aprendizagem é realizado em seis fases (Avaliação, Especificação, Projeto, Construção, Distribuição e Utilização). Estas fases são genéricas e estão inseridas em grande parte das metodologias propostas na literatura, tais como a ISDMELO (BARUQUE; MELO, 2004) ou a metodologia ADDIE¹⁵.

A metodologia de *Projeto Baseado em Trajetórias de Aprendizagem* (PBTA) descrita nesta seção refere-se ao grupo de atividades identificado na Figura 5.1 como *Projeto*, e inclui atividades relacionadas à *Especificação*, *Projeto* e *Construção*.

A descrição da metodologia será apresentada nas seções a seguir sem fazer uma distinção entre *Especificação*, *Projeto* e *Construção*. Isto porque, dependendo das ferramentas ou estruturas utilizadas para construção de objetos de aprendizagem, estas três atividades ocorrem simultaneamente. Por exemplo, a especificação de uma determinada proposição poderá conter os textos, imagens, áudios e layout, isto é, dependendo das tecnologias utilizadas, a especificação, o projeto e a construção da proposição ocorrem simultaneamente.

As seções a seguir apresentarão a metodologia PBTA.

5.1 Especificação do Espaço Conceitual

O Quadro 5.1 apresenta a definição de *Espaço Conceitual* utilizada neste trabalho. A expressão “*escopo de ensino e aprendizagem*” é utilizada para designar qualquer processo de ensino e aprendizagem que possua objetivos educacionais.

Quadro 5.1 - Definição de “Espaço Conceitual” (CANTO et al., 2014a)

Espaço Conceitual é um conjunto de conceitos inter-relacionados pertencentes a um escopo de ensino e aprendizagem.

O tamanho do *Espaço Conceitual* pode variar conforme o escopo de ensino e aprendizagem; por exemplo, se o escopo de ensino e aprendizagem for um *curso de engenharia*, o número de conceitos existentes no espaço conceitual será substancialmente maior do que o caso em que escopo de ensino e aprendizagem se referir à aprendizagem de um tópico tal como *Coordenadas Polares*.

¹⁵ ADDIE: Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation

A Figura 5.2 apresenta um exemplo¹⁶ que especifica um espaço conceitual relacionado ao escopo de ensino e aprendizagem em uma disciplina do curso de Engenharia Elétrica.

Figura 5.2 - Espaço Conceitual

Fonte: Elaborada pelo autor.

A definição dos conceitos pertencentes a um espaço conceitual dependerá dos objetivos educacionais estabelecidos.

5.2 Objetivos Educacionais e Avaliação

Nos sistemas de educação formal normalmente são definidos objetivos educacionais que orientam os docentes e discentes sobre os resultados esperados do curso ou módulo de ensino e aprendizagem. Esta definição possui dois objetivos iniciais:

1. servir de base para que o docente planeje as atividades de ensino;
2. permitir que o discente avalie se os objetivos do curso ou módulo estão alinhados com seus objetivos pessoais.

Neste contexto, a clara especificação dos objetivos é condição essencial (Figura 5.3), que dá início ao processo de desenvolvimento dos Objetos de Aprendizagem relacionados ao espaço conceitual.

¹⁶ O exemplo mostra uma tela do sistema *ABCatoria*: um sistema CAD (Computer Aided Design) que vem sendo desenvolvido pelo o autor como ferramenta de suporte para a implementação da metodologia PTBA.

Figura 5.3 - A importância dos objetivos

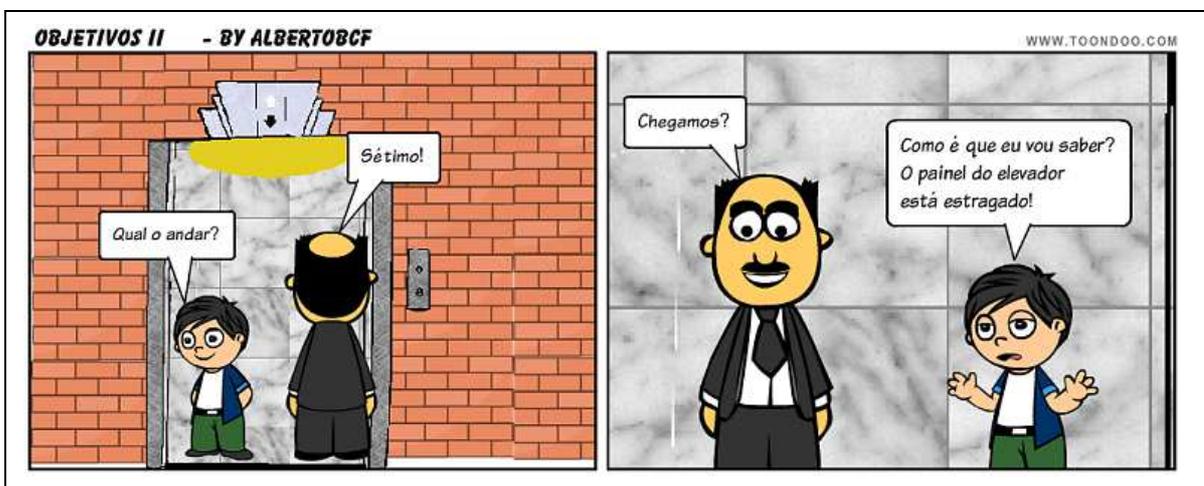


Fonte: Elaborado pelo autor com uso da ferramenta www.toondoo.com.

A metodologia PBTA utiliza a Modelagem de Trajetórias de Aprendizagem Conceitual apresentada na seção 4, na qual os objetivos educacionais são tratados como “*Coordenadas Cognitivas*”.

A definição de *Coordenada Cognitiva* (ver Quadro 4.3) está baseada na Taxonomia de Objetivos Educacionais conhecida como *Taxonomia de Bloom* (BLOOM; KRATHWOHL, 1956; KRATHWOHL, 2002). Esta taxonomia foi originalmente concebida como um meio de facilitar a troca de itens de testes entre faculdades de várias universidades americanas, de forma a criar um banco de itens destinados à mensuração de objetivos comuns. A definição de objetivos e a existência de um sistema que permita avaliar se os objetivos foram alcançados são duas práticas indissociáveis (Figura 5.4): qual seria o sentido de definir um objetivo se não fosse possível avaliar se o mesmo foi alcançado?

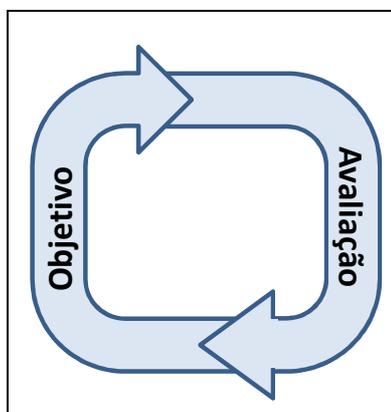
Figura 5.4 - Estabelecer Objetivos e Avaliar: duas práticas indissociáveis



Fonte: Elaborado pelo autor com uso da ferramenta www.toondoo.com.

Neste contexto, a metodologia PBTA propõe que as definições de Objetivos Educacionais (Coordenadas Cognitivas) e do Sistema de Avaliação (Proximidade da Coordenada Cognitiva) sejam realizadas de forma simultânea e interativa (Figura 5.5).

Figura 5.5 - Ajuste interativo: Objetivo X Sistema de Avaliação



Fonte: elaborado pelo autor.

Para ilustrar o processo de interação, considere a coordenada cognitiva e o sistema de avaliação de proximidade apresentados no Quadro 5.2.

Quadro 5.2 - Objetivo X Avaliação

Coordenada Cognitiva (Objetivo Educacional):
Descrição: entendimento do conceito de velocidade instantânea e do uso do conceito de derivada para o seu cálculo;
Dimensão conhecimento: Conhecimento Conceitual;
Dimensão Processo: Entender.

Avaliação:

Considerando que a equação abaixo modela a distância percorrida em função do tempo, qual a velocidade no instante $t=3$?

$$d(t) = 7t^2 - 3t + 50$$

O sistema de avaliação apresentado no Quadro 5.2 não está alinhado com o objetivo educacional (Coordenada Cognitiva), pois a questão apresentada exige mais do que *Conhecimento Conceitual* e *Entender*. A identificação desta incoerência permite que se revisem os objetivos educacionais ou se altere o sistema de avaliação. Neste exemplo, considerando a manutenção do sistema de avaliação, podem-se considerar duas alternativas de ajuste do objetivo educacional:

1. se o objetivo educacional for capacitar o estudante a aplicar métodos de derivação, então as coordenadas cognitivas compatíveis seriam:

- a. dimensão conhecimento = *Conhecimento Procedural*,
 - b. dimensão processo = *Aplicar*;
2. se o objetivo educacional for capacitar o estudante a deduzir as fórmulas de derivação de funções, então as coordenadas cognitivas compatíveis seriam:
 - a. dimensão conhecimento = *Conhecimento Conceitual*,
 - b. dimensão processo = *Criar*.

Conforme apresentado no capítulo 4, os *Modelos de Trajetórias de Aprendizagem Conceitual Planejada* são elaborados em três etapas:

1. *Especificação dos Pontos de Chegada*: definir os objetivos educacionais do contexto de ensino e aprendizagem e acrescentar os elementos visuais correspondentes na região da área de desenho designada como “Pontos de Chegada”;
2. *Especificação dos Pontos de Partida*: definir um conjunto de conceitos e proposições presumidamente conhecidos pelo estudante e acrescentar os elementos visuais correspondentes na região da área de desenho designada como “Pontos de Partida”;
3. *Especificação do Caminho*: conectar os pontos de partida aos pontos de chegada, acrescentando coordenadas cognitivas conceituais ou relacionais à região designada como pontos de passagem.

Nas seções a seguir serão apresentadas, discutidas e exemplificadas cada uma destas etapas e a forma como as mesmas se inserem na metodologia PBTA.

5.3 Especificação dos Pontos de Chegada

Num MOTRAC os objetivos educacionais primários de um contexto de ensino e aprendizagem estão associados a “*Pontos de Chegada*” ou “*Coordenadas Cognitivas de Chegada*”.

A especificação das coordenadas cognitivas de chegada é feita respondendo-se a três perguntas:

1. Que conceitos e proposições estão relacionados aos objetivos educacionais?
2. Que nível de conhecimento está associado a cada um destes conceitos e proposições?
3. Que tipo de processo está associado a cada um destes conceitos e Proposições?

As respostas a estas três perguntas definirão uma lista de “*Coordenadas Cognitivas de Chegada*” que devem ser lançados na região designada com “*Pontos de Chegada*” da área de desenho.

Na seção a seguir será apresentado um exemplo de especificação de pontos de chegada.

5.3.1 Exemplo: Pontos de Chegada – Velocidade Instantânea

O Quadro 5.3 mostra um exemplo de especificação de pontos de chegada a partir de três perguntas chave:

Quadro 5.3 – Exemplo de Especificação de Pontos de Chegada

- | |
|--|
| <ol style="list-style-type: none">1. Que conceitos e proposições estão relacionados aos objetivos educacionais?<ol style="list-style-type: none">a. <i>Velocidade Instantânea</i>b. <i>Derivada</i>2. Que nível de conhecimento está associado a cada um destes conceitos?<p><i>Entendimento dos conceitos de velocidade instantânea, de derivada e a forma como os dois conceitos se relacionam.</i></p>3. Que tipo de processo está associado a cada um destes conceitos?<p><i>Capacitação para, dada uma função $d=f(t)$ que define a distância em função do tempo, deduzir a função $v=f'(t)$, que define a velocidade em função do tempo.</i></p> |
|--|

A partir das respostas apresentadas no Quadro 5.3 é possível iniciar a Modelagem de Trajetória de Aprendizagem Conceitual Planejada, adicionando-se os elementos visuais à área de desenho do MOTRAC. Estes elementos são adicionados na extremidade direita da área de desenho, como mostra a Figura 5.6.

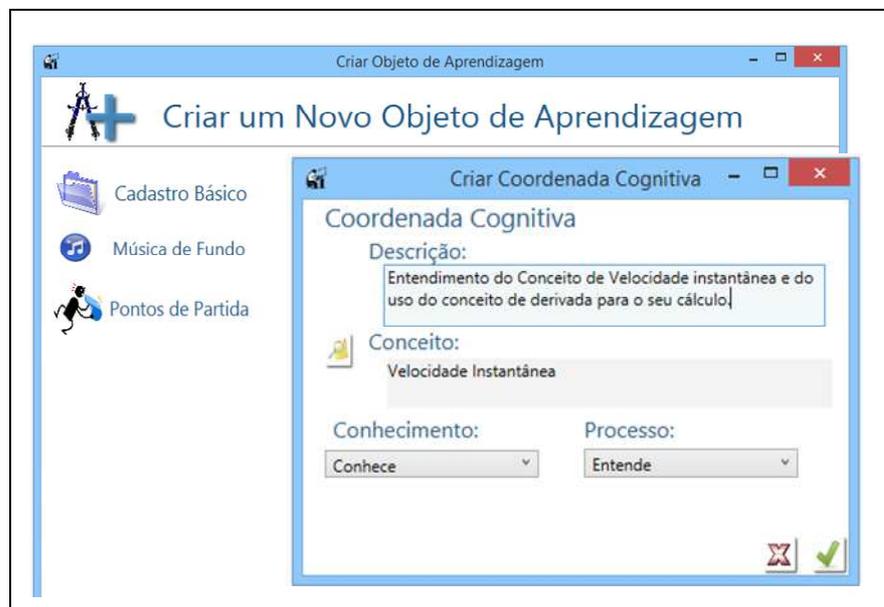
Figura 5.6 – Elementos visuais das Coordenadas Cognitivas de Chegada



Fonte: Elaborado pelo autor com o software *CmapTools*

A Figura 5.7 exemplifica a forma como as *Coordenadas Cognitivas* de um ponto de chegada são cadastradas sistema *ABCAutoria*.

Figura 5.7 - Cadastro de Coordenada Cognitiva no Sistema *ABCAutoria*



Fonte: elaborado pelo autor; tela do sistema *ABCAutoria*.

Na próxima seção será apresentada a próxima etapa do processo de modelagem: Especificação dos Pontos de Partida.

5.4 Especificação dos Pontos de Partida

A metodologia PBTA parte do princípio de que o objetivo de um objeto de aprendizagem é estabelecer uma rota de aprendizagem que conecte pontos de partida a pontos de chegada, isto é, que permita o estabelecimento de relações entre coordenadas cognitivas conhecidas e coordenadas cognitivas desconhecidas.

Através da definição dos pontos de partida, o projetista define o público alvo de seu objeto de aprendizagem: o objeto de aprendizagem somente terá potencial significativo para estudantes que estejam no ponto de partida, isto é, estudantes que já tenham alcançado os objetivos educacionais relacionados às coordenadas cognitivas de partida.

A definição dos *Pontos de Partida* ou *Coordenadas Cognitivas de Partida* é feita respondendo-se às seguintes questões:

- Que conceitos e proposição são conhecidos pelo estudante e se relacionam direta ou indiretamente aos objetivos educacionais?
- Que nível de conhecimento está associado a cada um destes conceitos e proposições?
- Que tipo de processo está associado a cada um destes conceitos e Proposições?

As respostas a estas três perguntas definirão uma lista de “*Coordenadas Cognitivas de Partida*” que devem ser lançados na região designada com “*Pontos de Partida*” da área de desenho.

Na seção a seguir será apresentado um exemplo de especificação de pontos de Partida.

5.4.1 Exemplo: Pontos de Partida – Velocidade Instantânea

O Quadro 5.4 mostra um exemplo de especificação de pontos de partida a partir de três perguntas chave.

Quadro 5.4 – Exemplo de Especificação de Pontos de Partida

<p>1. Que conceitos e proposições são conhecidos pelo estudante e se relacionam direta ou indiretamente aos objetivos educacionais?</p> <p>a. Reta b. Equação da Reta c. Coeficiente Angular d. Velocidade Constante e. Tangente</p> <p>2. Que nível de conhecimento está associado a cada um destes conceitos? Entendimento e conhecimento de métodos para solução de problemas (Conhecimento Procedural).</p> <p>3. Que tipo de processo está associado a cada um destes conceitos? Capacitação para analisar, resolver problemas e propor soluções (criar).</p>

Figura 5.9 - Exemplo cadastramento de coordenada cognitiva relacionada a pontos de partida



Fonte: Elaborado pelo autor; tela do sistema ABCAutoria.

Na seção a seguir será apresentada uma discussão sobre o sistema de avaliação de proximidade dos pontos de partida.

5.5 Avaliação dos Objetivos Educacionais de Partida

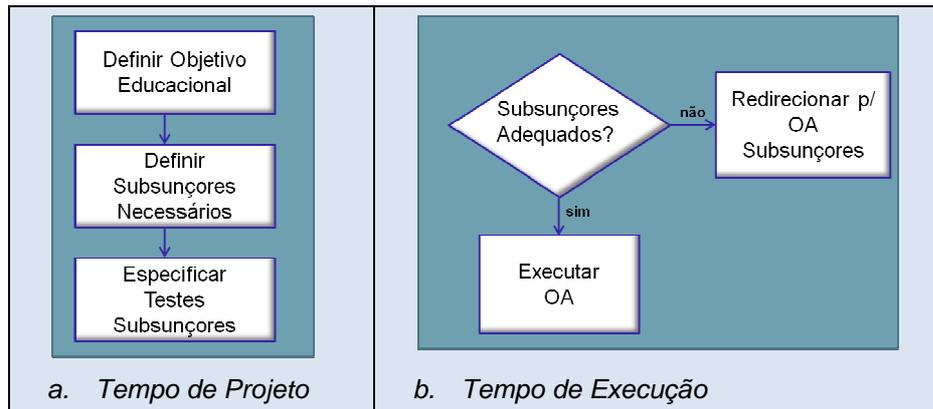
Na seção 5.2 - *Objetivos Educacionais e Avaliação* – são apresentadas considerações sobre a impossibilidade de dissociar os objetivos educacionais do sistema de avaliação. Esta questão é bastante evidente quando se considera as coordenadas cognitivas de chegada, situação na qual a avaliação tem por objetivo responder a questão: “*O estudante alcançou os objetivos educacionais propostos?*”.

O sistema de avaliação relacionado a coordenadas cognitivas de partida tem por objetivo avaliar o potencial significativo do objeto de aprendizagem, isto é, responde à pergunta: “*O estudante efetivamente conhece os conceitos e proposições nos quais o objeto de aprendizagem irá ancorar a aprendizagem?*”

Estudantes que desconheçam os *conceitos e proposições presumidamente conhecidos* estarão afastados do ponto de partida e terão dificuldades na aprendizagem significativa, sendo recomendado o redirecionamento para outros objetos de aprendizagem, compatíveis com sua estrutura cognitiva. Estes outros objetos servirão como um caminho que poderá ser utilizado pelo estudante para chegar ao ponto de partida.

A Figura 5.10 descreve este processo de especificação do sistema de avaliação dos pontos de partida em tempo de projeto e de redirecionamento em tempo de execução.

Figura 5.10 - Fluxogramas de especificação e execução de OAs



Fonte: (CANTO et al., 2014a).

Adicionalmente à função de avaliação do potencial significativo do objeto de aprendizagem, o sistema de avaliação das coordenadas cognitivas de partida tem como objetivo trazer para a memória de trabalho os conceitos e proposições nos quais será ancorada a aprendizagem (ver *Figura 3.3 - Ajuste de carga cognitiva nas sequências Resgate-Questão-Exposição*).

5.5.1 Exemplo: Velocidade Instantânea – Avaliação de Proximidade aos Pontos de Partida

A Figura 5.11 mostra um exemplo¹⁷ de questão utilizada para avaliar a proximidade às coordenadas cognitivas de partida apresentadas na a Figura 5.8.

Figura 5.11 - Exemplo - avaliação de proximidade das coordenadas cognitivas de partida

Um veículo que se desloca com velocidade constante passa pelo km 30 de uma rodovia às 13:00, e passa pelo km 48 às 13:15.

Em que ponto da rodovia (km) ele estará às 15:10?

Qual a velocidade deste veículo em m/s ?

Imagens de relógio e velocímetro:
 - Relógio 1: 13:00, km 30
 - Relógio 2: 13:15, km 48
 - Velocímetro: m/s ?
 - Relógio 3: 15:10, km ?

Fonte: elaborado pelo autor; imagens de [openclipart](#) e [pixabay](#).

¹⁷ Um exemplo completo de sistema de avaliação de proximidade dos pontos de partida pode ser acessado no link [Velocidade Constante e Reta - Avaliação](#). (Utilizar o navegador MS Internet Explorer 8 ou superior).

5.6 Definição dos Pontos de Passagem

A metodologia PBTA tem por objetivo projetar rotas que conectem os pontos de partida aos pontos de chegada. Dependendo da distância existente entre as coordenadas cognitivas de partida e coordenadas cognitivas de chegada pode não ser possível estabelecer um relacionamento direto entre os conceitos e proposições conhecidos pelo estudante e os conceitos e proposições relacionados aos objetivos educacionais primários, sendo necessária a definição de algumas coordenadas cognitivas de passagem (objetivos parciais)

Para completar a construção do *Mapa Conceitual de Projeto* através da adição dos *Pontos de Passagem*, devem-se responder as à seguinte questão:

- *Como as coordenadas cognitivas de partida se relacionam com as coordenadas cognitivas de chegada?*

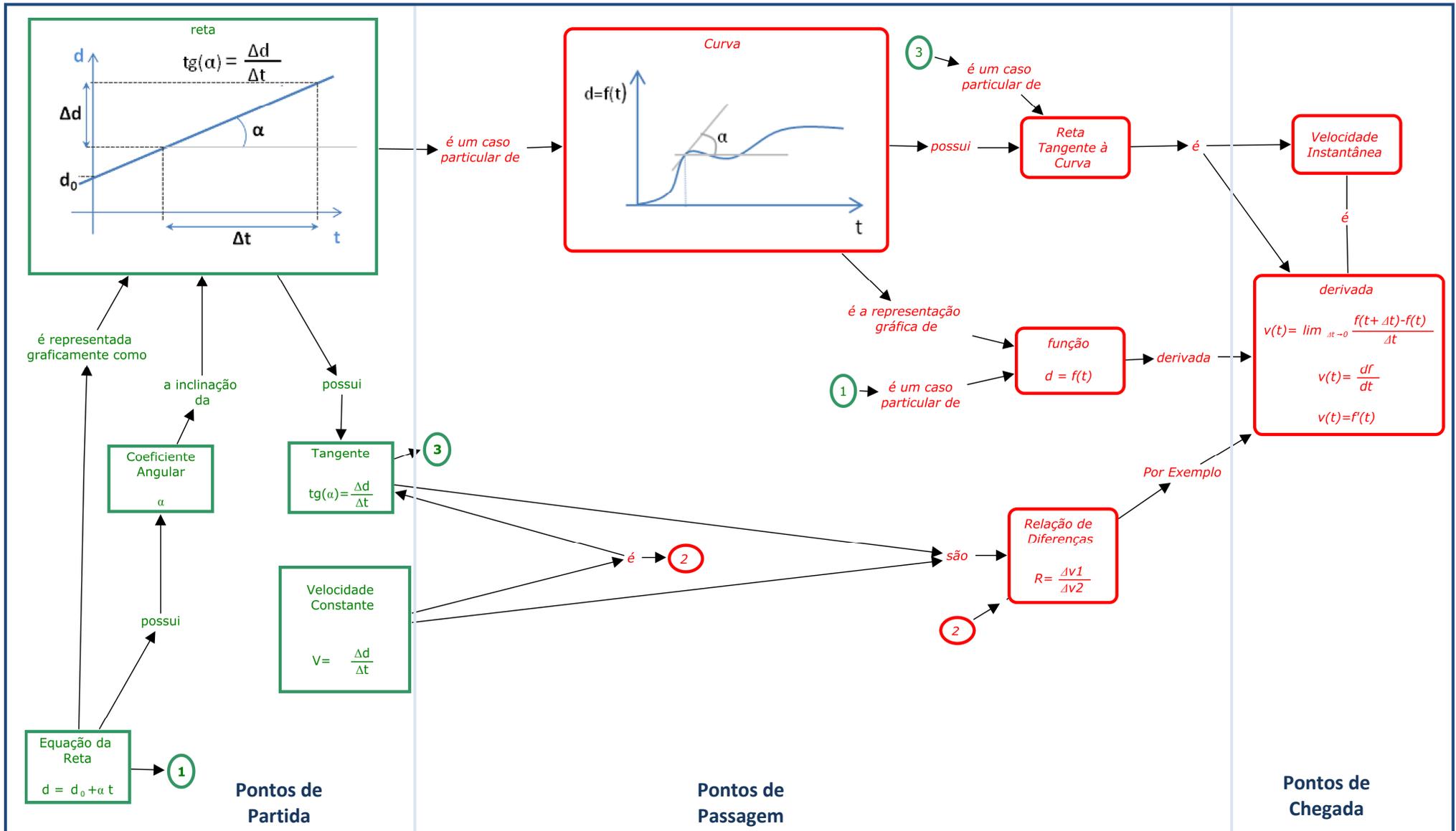
A adição dos *Pontos de Passagem* ao mapa conceitual de projeto pode implicar o acréscimo de novos pontos de partida, que venham a ancorar a aprendizagem destes conceitos adicionados.

5.6.1 Exemplo: Pontos de Passagem – Velocidade Instantânea

A Figura 5.12 mostra como o resultado da adição dos pontos de passagem ao modelo foi desenvolvido nas seções 5.3.1, 5.4.1 e 5.5.1.

Este exemplo terá continuidade na próxima seção, que aborda a *Segmentação Interobjetos*.

Figura 5.12 - Exemplo de mapa conceitual após o acréscimo dos pontos de passagem.



Fonte: Elaborado pelo autor com o software CMapTools.

5.7 Segmentação Interobjetos

Segmentação Interobjetos é a subdivisão do projeto de um Objeto de Aprendizagem em diversos subprojetos. Cada um destes subprojetos é tratado como um projeto independente, que possui Objetivos Educacionais próprios, definidos a partir de do projeto original.

A segmentação interobjeto tem três objetivos:

1. possibilitar o trabalho em equipe, diminuindo a complexidade do projeto e reduzindo prazos de entrega;
2. minimizar os riscos de sobrecarga cognitiva
3. aumentar a granularidade e a possibilidade de reuso.

A *Segmentação Interobjetos* é uma forma de implementar o *Princípio dos Objetivos Parciais* apresentado no Quadro 3.6. Nesta segmentação um ou mais pontos de passagem do modelo original passam a ser tratados como Pontos de Chegada de um novo modelo.

Na seção a seguir será apresentado um exemplo.

5.7.1 Relação de Diferenças – um exemplo de segmentação interobjetos

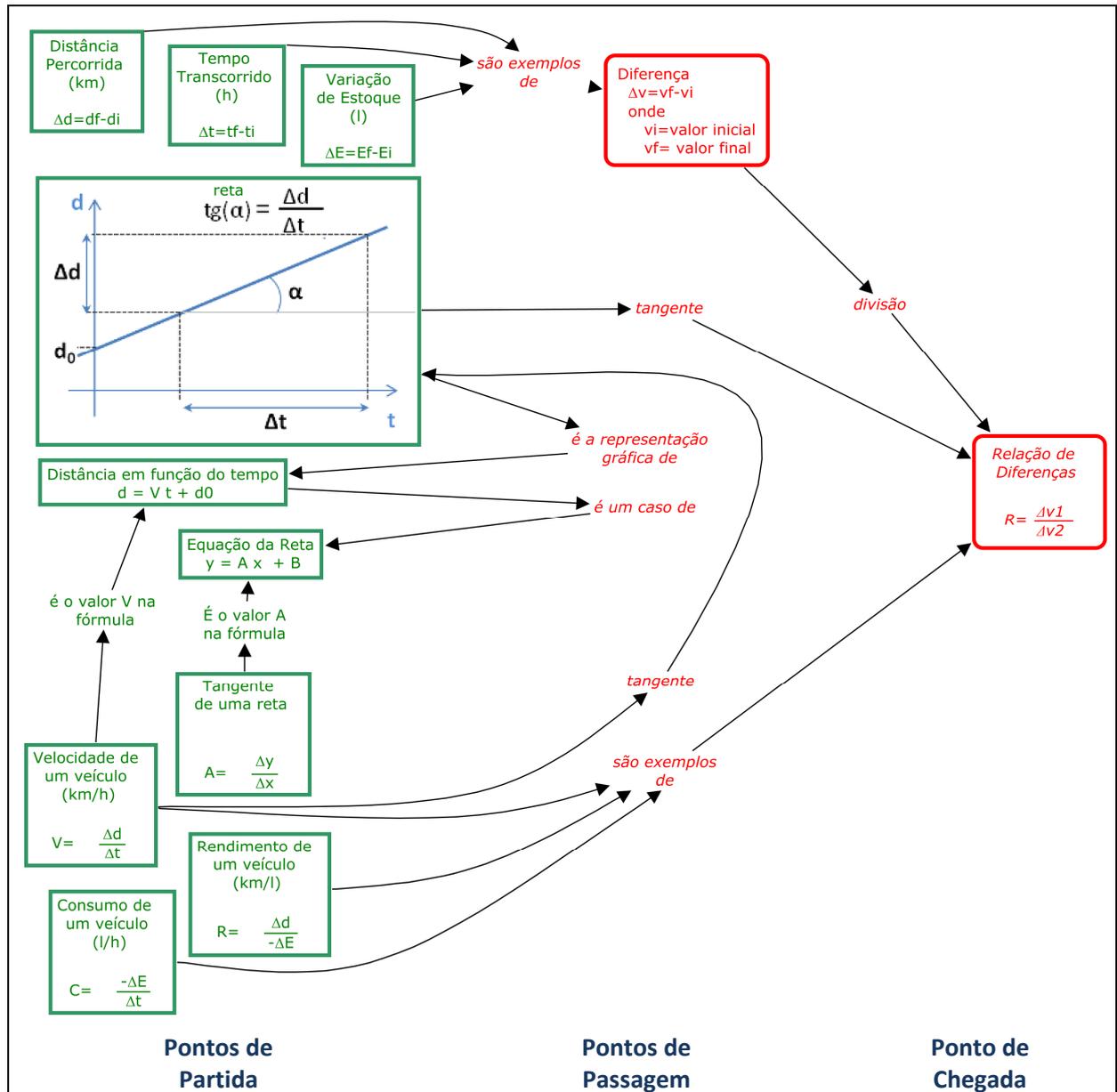
Neste exemplo considera-se que a *coordenada cognitiva de passagem* identificada na Figura 5.12 como “*Relação de Diferenças*” será destacada do projeto original, criando-se um novo projeto de Objeto de Aprendizagem que trata esta coordenada cognitiva como um ponto de chegada.

A Figura 5.13 apresenta o MOTRAC que foi desenvolvido neste subprojeto segundo a sistemática descrita nas seções 5.2 a 5.6, acima.

A segmentação interobjetos pode trazer consigo o estabelecimento de relações de precedência entre objetos de aprendizagem. Neste exemplo, o modelo original apresentado na Figura 5.12 mostra que coordenada cognitiva “*Relação de Diferenças*” é precedente à coordenada cognitiva “*Velocidade Instantânea*”. Portanto, ao desenvolver um OA com o objetivo específico de tratar o conceito de *Relações de Diferenças*, implicitamente assume-se que:

1. O objeto de aprendizagem sobre *Relações de Diferenças* será executado antes do objeto de aprendizagem sobre *Velocidade Instantânea*;
2. O modelo original (Figura 5.12 - *Velocidade Instantânea*) será adequado, caracterizando como “*Ponto de Partida*” aqueles conceitos são abordados no OA precedente (sobre *Relação de Diferenças*)

Figura 5.13 – MOTRAC – Relações de Diferenças

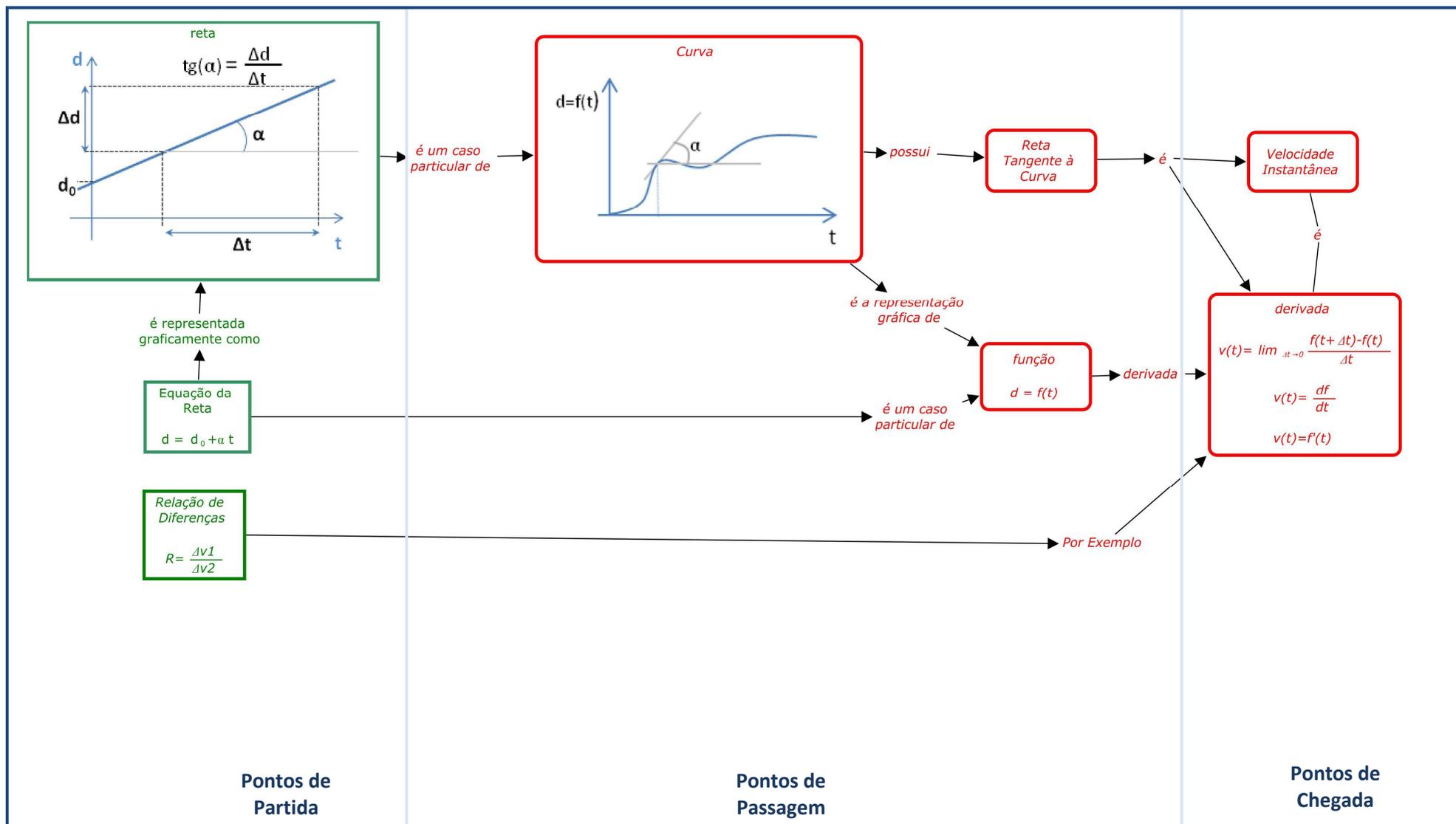


Fonte: Elaborado pelo autor com o software *CMapTools*.

A Figura 5.14 é uma modificação da Figura 5.12. Neste novo modelo, assume-se o conhecimento prévio dos conceitos e proposições abordados no OA sobre “Relação de Diferenças”.

Nas seções a seguir o MOTRAC apresentado na Figura 5.13 será utilizado para exemplificar as demais etapas da metodologia de PBTA.

Figura 5.14 - Exemplo de mapa conceitual após o acréscimo dos pontos de passagem.



Fonte: Elaborado pelo autor com o software *CMapTools*.

5.8 Modelo Navegacional

Na metodologia PBTA, a especificação do modelo navegacional do OA deve observar a relação de precedência das coordenadas cognitivas.

O MOTRAC utiliza duas estratégias para modelar visualmente a precedência das coordenadas cognitivas:

1. *Setas*: mostram a relação de precedência das coordenadas cognitivas
2. *Orientação do Modelo*: no diagrama esquemático, as coordenadas cognitivas precedentes são colocadas à esquerda.

Nos casos em que não exista uma relação de precedência entre coordenadas cognitivas, o projetista instrucional poderá definir o modelo navegacional, considerando três possibilidades:

1. *Navegação Sequencial*: a sequência de acesso às coordenadas cognitivas é definida pelo projetista, em tempo de projeto;
2. *Navegação Aleatória*: a sequência de acesso às coordenadas cognitivas é definida pelo estudante, em tempo de execução;
3. *Navegação Parcialmente Aleatória*: parte das coordenadas cognitivas segue o modelo de navegação sequencial e outra parte segue o modelo de navegação aleatória.

A seção a seguir exemplificará a forma como o MOTRAC modela o sistema de navegação.

5.8.1 Exemplo – Modelo Navegacional

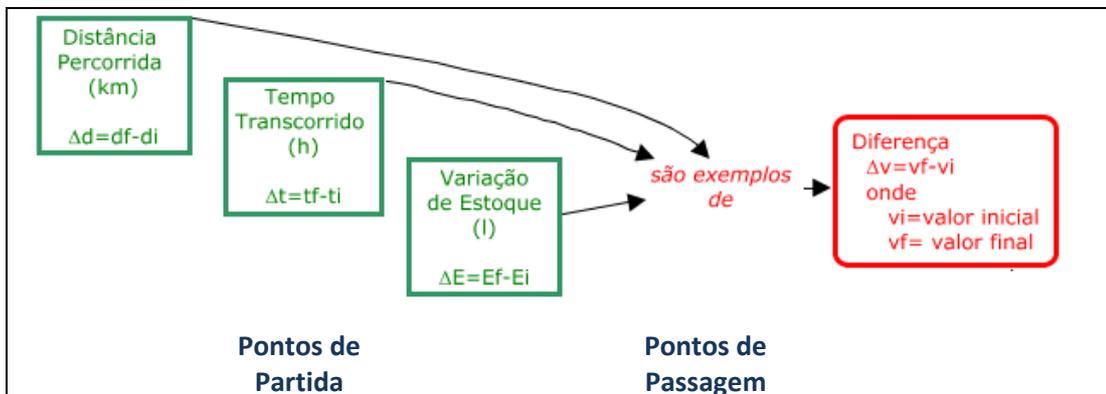
Este exemplo utiliza o MOTRAC apresentado na Figura 5.13, inserido no projeto de um OA que aborda o tema *Relação de Diferenças*.

Para exemplificar as opções de escolha do modelo navegacional, considere a proposição relacional apresentada de forma textual no Quadro 5.5 e na forma de diagrama na Figura 5.15:

Quadro 5.5 - Coordenadas Cognitivas Precedentes Conhecidas

Tempo Transcorrido (h) $\Delta t = t_f - t_i$		Diferença $\Delta v = v_f - v_i$
Distância Percorrida (km) $\Delta d = d_f - d_i$	<i>são exemplos de</i>	onde $v_i = \text{valor inicial}$
Variação de Estoque (l) $\Delta E = E_f - E_i$		$v_f = \text{valor final}$

Figura 5.15 – Coordenadas Cognitivas Precedentes Conhecidas



Fonte: Elaborado pelo autor com o software *CMapTools*.

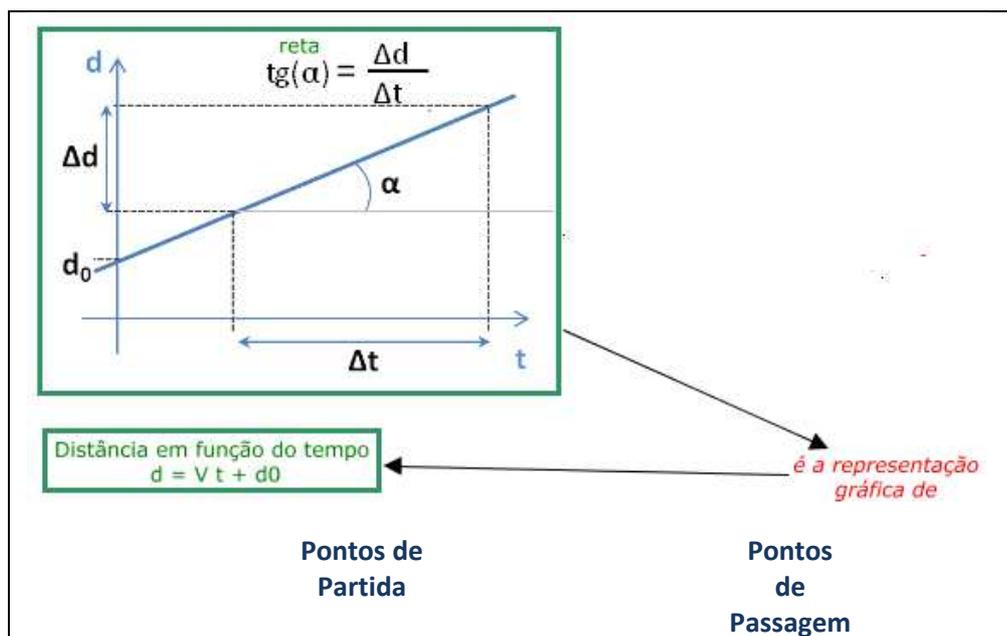
Esta proposição relacional poderia ser a primeira proposição abordada no OA, pois são conhecidas as coordenadas cognitivas precedentes.

No entanto, existem outras proposições que também satisfazem a exigência de partir de coordenadas cognitivas conhecidas e, portanto poderiam ser escolhidas como primeira proposição abordada no OA, como é o caso da proposição de relacionamento desconhecido apresentada no Quadro 5.6 e Figura 5.16.

Quadro 5.6 - Proposição de Relacionamento Desconhecido



Figura 5.16 – Proposição de Relacionamento Desconhecido



Fonte: Elaborado pelo autor com o software *CMapTools*.

Isto é, neste exemplo existem diversas proposições que poderiam ser abordadas no início da execução do OA. A análise do MOTRAC apresentado na Figura 5.13 permite identificar as seis proposições relacionais que tem as condições de precedência satisfeitas no instante inicial de execução do OA. Estas proposições são apresentadas no Quadro 5.7,

Caberá o projetista poderá optar pelo tipo de navegação que será adotada ao iniciar a execução do OA:

1. *Navegação Aleatória*: o estudante poderá escolher qual a proposição inicial
2. *Navegação Sequencial*: o projetista instrucional define a sequência de acesso
3. *Parcialmente Aleatória*: o estudante poderá fazer algumas escolhas.

Quadro 5.7 – Proposições cujas condições de precedência são atendidas ao iniciar o OA

1.	<p>Tempo Transcorrido (h) $\Delta t = t_f - t_i$</p> <p>Distância Percorrida (km) $\Delta d = d_f - d_i$</p> <p>Variação de Estoque (l) $\Delta E = E_f - E_i$</p>	<i>são exemplos de</i>	<p>Diferença $\Delta v = v_f - v_i$</p> <p>onde $v_i = \text{valor inicial}$ $v_f = \text{valor final}$</p>
2.	Reta	<i>tangente</i>	<p>Relação de Diferenças $R = \frac{\Delta v_1}{\Delta v_2}$</p>
3.	Reta	<i>É a representação gráfica de</i>	<p>Distância em função do tempo $d = V t + d_0.$</p>
4.	<p>Distância em função do tempo $d = V t + d_0$</p>	<i>É um caso de</i>	<p>Equação da Reta $y = A x + B$</p>
5.	<p>Velocidade de um veículo (km/h) $V = \frac{\Delta d}{\Delta t}$</p>	<i>tangente</i>	Reta
6.	<p>Velocidade de um veículo (km/h) $V = \frac{\Delta d}{\Delta t}$</p> <p>Rendimento de um veículo (km/l) $R = \frac{\Delta d}{-\Delta E}$</p> <p>Consumo de um Veículo (l/h) $C = \frac{-\Delta E}{\Delta t}$</p>	<i>São exemplos de</i>	<p>Relação de Diferenças $R = \frac{\Delta v_1}{\Delta v_2}$</p>

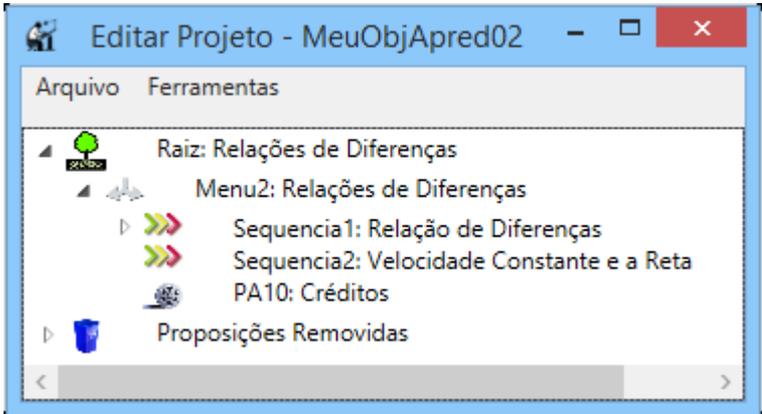
O MOTRAC apresentado na Figura 5.13 possui as duas proposições relacionais completamente desconhecidas apresentadas no Quadro 5.8.

Quadro 5.8 – Proposições Relacionais Completamente Desconhecidas

<p>7.</p> <p>Diferença $\Delta v = v_f - v_i$ onde $v_i = \text{valor inicial}$ $v_f = \text{valor final}$</p>	<p><i>divisão</i></p>	<p>Relação de Diferenças $R = \frac{\Delta v_1}{\Delta v_2}$</p>
--	-----------------------	---

As proposições relacionais completamente desconhecidas implicam um modelo de navegação sequencial. Neste exemplo (Quadro 5.8) observa-se que a proposição 7 somente poderá apresentada após a proposição 1, pois o MOTRAC apresentado na Figura 5.13 pressupõe que o estudante conheça o conceito de ‘Diferença’ antes da apresentação da proposição “*Relação de Diferenças é uma divisão de duas Diferenças*”.

Figura 5.17 – Proposição de Relacionamento Desconhecido



a. Especificação em tempo de projeto

Relações de Diferenças

Relação de Diferenças

Velocidade Constante e a Reta

Créditos

b. Navegação (tempo de execução)

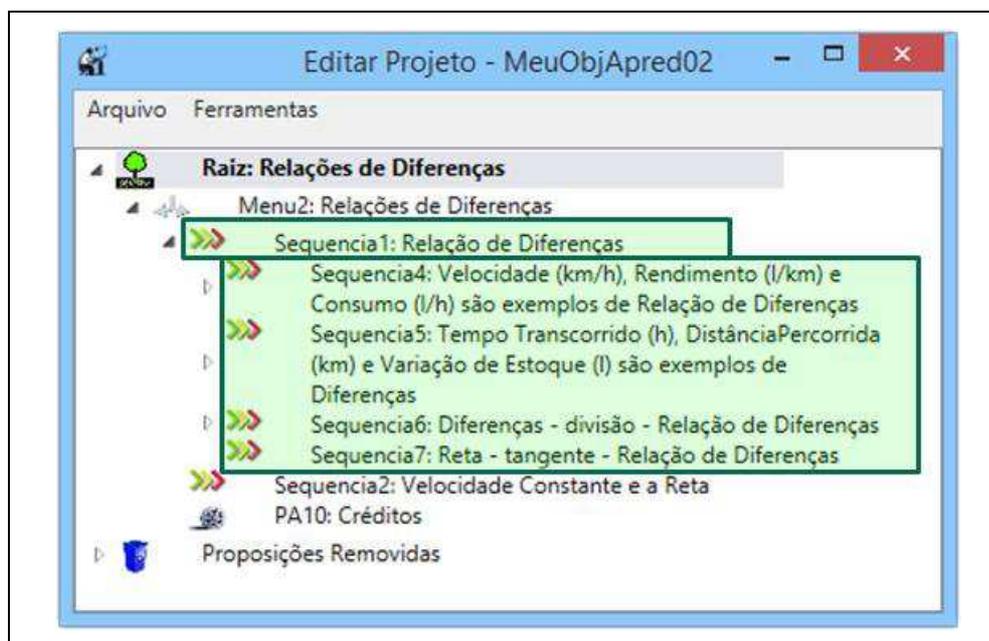
A Figura 5.17 mostra um exemplo de no qual o sistema *ABC Aatoria* é utilizado para especificar em tempo de projeto (Figura 5.17.a) um sistema de navegação parcialmente aleatório. Neste exemplo, o estudante poderá utilizar o menu inicial (Figura 5.17.b) para definir a ordem de apresentação das proposições:

1. A opção do menu identificada como “*Relação de Diferenças*” abrirá uma sequência de proposições que aborda as proposições identificadas 1, 2, 6 e 7 (ver Quadro 5.7 e Quadro 5.8.);
2. A opção do menu identificada como “*Velocidade Constante e a Reta*” abrirá uma sequência de proposições que aborda as proposições 3, 4 e 5 (ver Quadro 5.7).

A Figura 5.18 mostra um exemplo de especificação de navegação sequencial: quando o estudante acessar o menu *Relações de Diferenças* será direcionado para a execução de uma navegação sequencial na seguinte ordem:

1. proposição 5 (Quadro 5.7): “*Velocidade (km/h), Rendimento (km/l) e Consumo são exemplos de Relação de Diferenças*”;
2. proposição 1 (Quadro 5.7): “*Tempo Transcorrido (h), Distância Percorrida (km) e Variação de Estoque (l) são exemplos de diferenças*”;
3. proposição 6 (Quadro 5.8.): “*Diferença – divisão – Relação de Diferenças*”;

Figura 5.18 – Navegação Sequencial



Fonte: Elaborado pelo autor com o software *ABC Aatoria*.

O Modelo de Trajetória de Aprendizagem Conceitual Planejada permite especificar um conjunto de proposições encadeadas de tal forma que os novos conceitos e proposições sempre são ancorados em conceitos e proposições conhecidos.

As etapas descritas até esta seção geram um conjunto sintético de proposições que atendem ao Princípio dos Subsunçores, apresentado no Quadro 3.4.

Esta forma sintética de apresentar as proposições necessita um maior detalhamento, o que é feito através da “Segmentação Intraobjeto” (CANTO et al., 2014a) que será apresentada na próxima seção.

5.9 Segmentação Intraobjeto

Após a execução das etapas anteriores o Projeto do Objeto de Aprendizagem possui um Modelo de Trajetória de Aprendizagem Conceitual composto por:

- Diagrama Esquemático, que apresenta de forma visual as coordenadas cognitivas e relações de precedência;
- Detalhamento das coordenadas cognitivas, que especifica o objetivo educacional associado a cada coordenada cognitiva;
- Sistema de Avaliação, que avalia a proporção em que o estudante alcançou os objetivos educacionais associados às coordenadas cognitivas
- Modelo Navegacional, que define a sequência de apresentação das proposições extraídas do diagrama esquemático.

As proposições extraídas do diagrama esquemático são descrições sintéticas dos conceitos e proposições que serão apresentados no OA. Fazendo uma analogia com o projeto de um livro, estas proposições seriam os títulos dos capítulos ou seções.

Na etapa de segmentação intraobjeto cada proposição extraída do MOTRAC é detalhada minuciosamente, de forma a gerar uma especificação que contenha todos os elementos necessários para que o OA seja implementado. A metodologia PBTA utiliza a expressão *Proposições de Projeto* para se referir às proposições resultantes da segmentação intraobjeto.

O detalhamento das proposições extraídas do MOTRAC deve ser realizado observando-se os princípios de projeto propostos neste trabalho (ver seção 3) e na literatura (MAYER, 2008; MORENO; MAYER, 2007; SUNG; MAYER, 2012; VAN MERRIËNBOER; SWELLER, 2010).

As *proposições de projeto* são classificadas segundo as categorias apresentados no Quadro 5.9. Estas categorias foram definidas considerando o desenvolvimento dos objetos de aprendizagem autônoma¹⁸ baseado em questões; há uma tendência de uma maior diferenciação, à medida que novas opções de ensino e aprendizagem sejam incorporadas em trabalhos futuros.

¹⁸ Neste trabalho, define-se aprendizagem autônoma como aquela aprendizagem decorrente da interação entre o estudante e o objeto de aprendizagem (sem interações com outros indivíduos durante a execução do objeto de aprendizagem).

Quadro 5.9 - Tipos de proposição de projeto utilizados na metodologia PBT

Proposições Básicas:

Proposição Exposição: proposição que utiliza os recursos multimídia do computador (imagens estáticas, animações, vídeos, áudio e textos) para apresentar fatos, ideias, conceitos, etc.

Proposição Questão: Proposição exposição que apresenta uma questão que deve ser respondida pelo estudante

Proposições de Agrupamento:

Proposição Sequência: Conjunto de proposições apresentadas sequencialmente. Após a apresentação de cada uma das proposições pertencentes à sequência há uma interrupção (pausa para reflexão); a proposição subsequente é apresentada quando há uma solicitação do estudante;

Proposição Menu: Conjunto de proposições cuja execução não possui uma ordem pré-definida; a sequência de execução das proposições é escolhida pelo estudante, em um menu de opções.

Nas seções a seguir serão apresentados exemplos de uso da segmentação intraobjeto para implementar alguns princípios de projeto apresentados na seção 3.

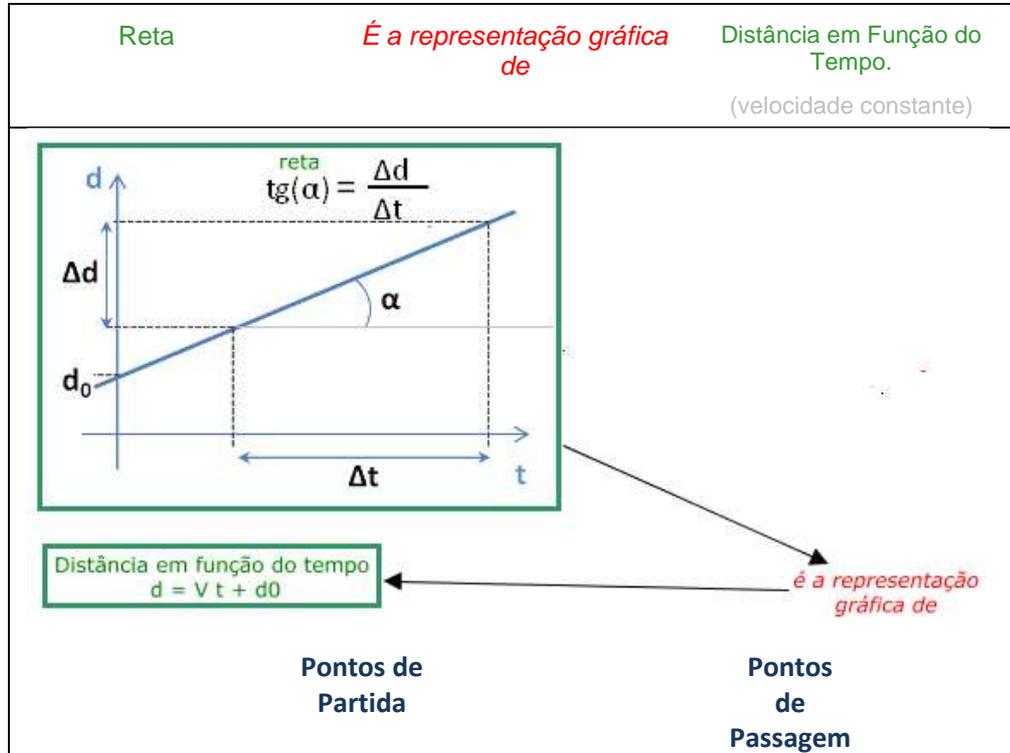
5.9.1 Exemplo: Resgate-Questão-Exibição

As sequências *Resgate-Questão-Exibição* apresentadas na seção 3.3 são uma categoria de segmentação intraobjeto capaz de estimular a atividade cognitiva, motivando o estudante e colocando-o como protagonista de seu próprio processo de aprendizagem (*Princípio da Dimensão Afetiva* e *Princípio do Protagonismo*). Estas sequências são compostas por três proposições de projeto:

1. **Resgate:** Apresentação de um conjunto de conceitos ou proposições conhecidos. Tem como objetivo trazer para a memória de trabalho os conceitos subsunçores; É possível utilizar o sistema de avaliação de proximidade do ponto de partida para este fim.
2. **Questão:** Apresentação de *Proposições Questão* cuja solução envolva uma diferenciação dos conceitos e proposições conhecidos. O objetivo destas questões é estimular a realização de atividades cognitivas relacionadas à aprendizagem significativa (identificar a necessidade de diferenciação do conceito ou proposição conhecida, formular hipóteses, testar, resolver inconsistências, etc.) e colocar o estudante como protagonista de seu processo de aprendizagem por descoberta guiada.
3. **Exposição:** proposições que apresentam novos conceitos segundo uma perspectiva consolidada pela literatura. O objetivo destas proposições é estimular o estudante para novas reflexões, que o levem a confirmar ou reformular os conceitos descobertos ao responder as questões.

Para exemplificar, proposição relacional apresentada na Figura 5.19 foi segmentada na sequência *Resgate-Questão-Exibição* apresentada na Figura 5.20.

Figura 5.19 – Proposição de Relacionamento Desconhecido



Fonte: Elaborado pelo autor com o software *CMapTools*.

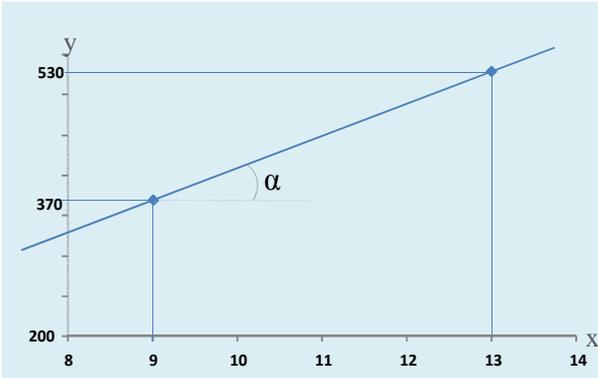
Figura 5.20 - Resgate-Questão-Exposição

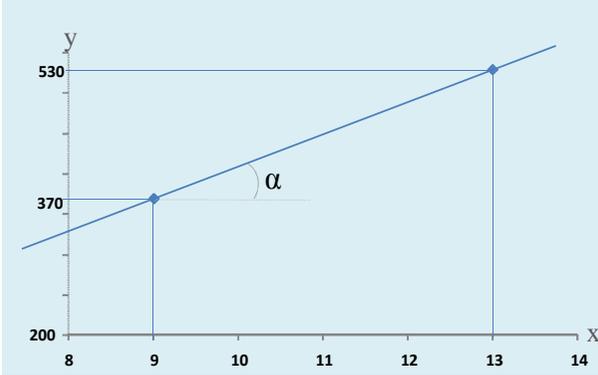
Equação da reta

Considerando o gráfico abaixo é a representação da função
 $y = A x + B$

Qual o valor de A
 Qual o valor de B?

Qual a tangente do ângulo α ?





a. Resgate: traz para a memória de trabalho os conceitos e proposições conhecidos. Neste exemplo são utilizadas questões para rever conceitos e proposições conhecidos sobre a *reta*.

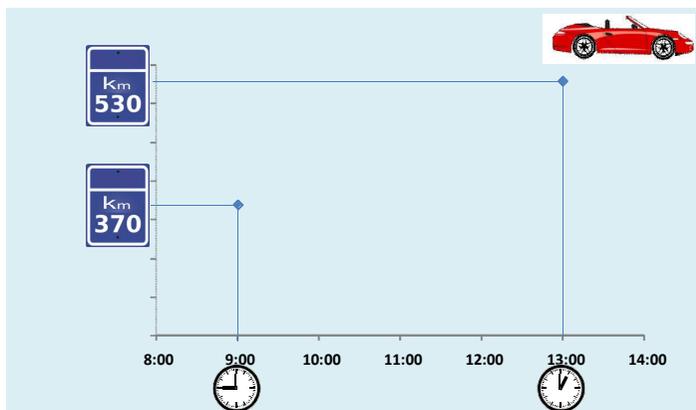
Segue...

Representação gráfica da distância em função do tempo

Um veículo transitando em velocidade constante passa pelo Km 370 às 9:00 e pelo Km 530 às 13:00.

Qual a velocidade deste veículo (em km/h)?

Marque oito pontos no gráfico abaixo, que representem a posição deste veículo (km) em função do tempo (h).



Representação gráfica da distância em função do tempo

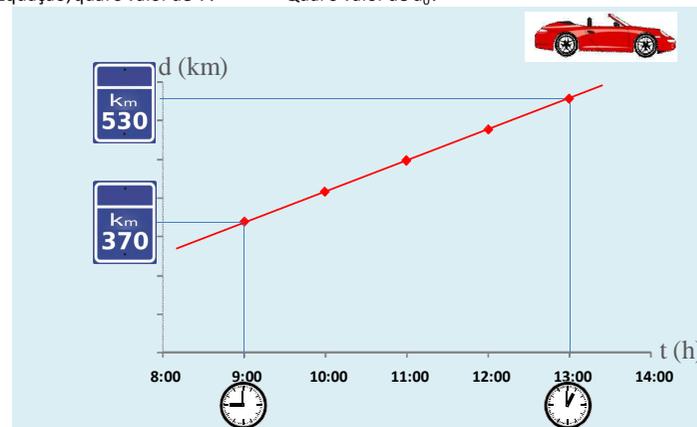
Observe no exercício anterior que os pontos que descrevem a distância em função do tempo estão dispostos na forma de uma reta.

Considerando que a equação da reta é:

$$d = V t + d_0$$

Equação, qual o valor de V ?

Qual o valor de d_0 ?

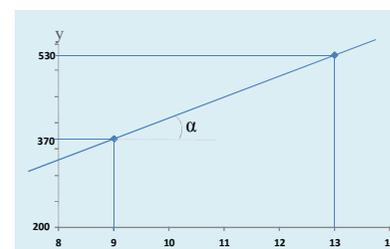
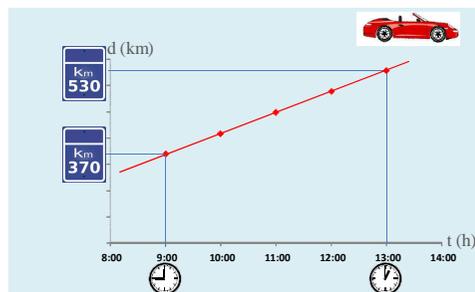


- b. Questão:** questionamentos que apresentam novas proposições relacionadas a conceitos previamente conhecidos. Neste exemplo são utilizadas questões que estimulam a descoberta de relacionamentos entre a *reta* e a *velocidade constante*.

Segue...

A reta e a Velocidade Constante

As questões anteriores demonstram alguns aspectos relacionados à forma como a matemática é utilizada para modelar fenômenos físicos. Neste exemplo verificou-se que a reta pode ser utilizada para representar graficamente o deslocamento de um veículo em velocidade constante.



Vejamos passo a passo

- c. **Exposição:** Apresentação de novos conceitos segundo uma perspectiva consolidada. Este exemplo mostra o início de uma sequência de proposições que apresentam os relacionamentos existentes entre a *reta* e a *velocidade constante*.

Fonte: Elaborado pelo autor.

5.9.2 Narrativas de Curta Duração

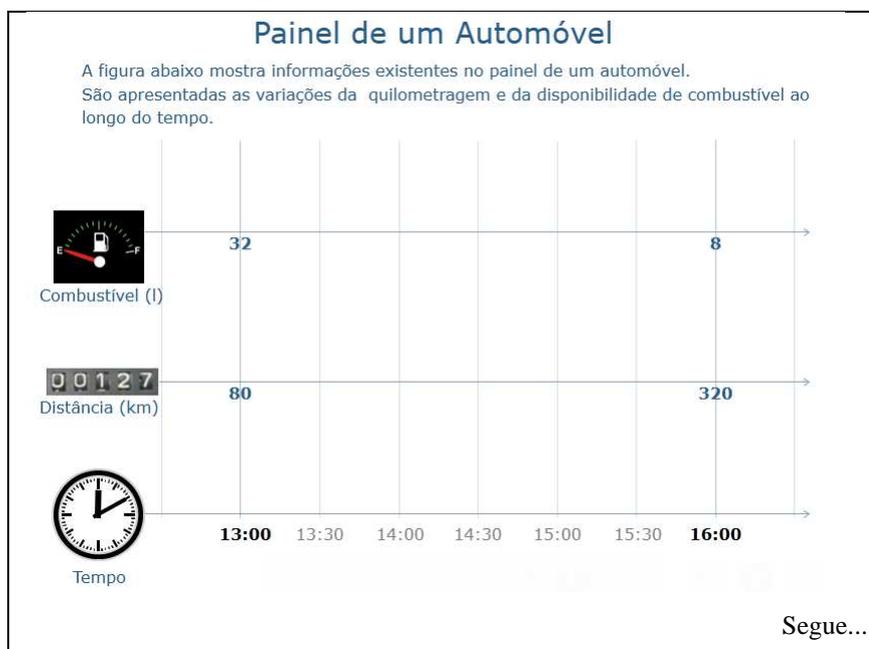
O uso de narrativas longas que apresentem diversas proposições desconhecidas pode gerar uma sobrecarga cognitiva. Esta sobrecarga ocorre quando os novos elementos de informação são apresentados num ritmo que não dê tempo suficiente para que o estudante realize as atividades cognitivas necessárias para o aprendizado significativo.

Uma das formas de implementar o *Princípio do Ajuste de Ritmo*¹⁹ é a segmentação das narrativas longas em diversas narrativas de curta duração²⁰ apresentadas em sequência. Esta abordagem permite que o estudante disponha do tempo necessário para processar cada segmento antes de solicitar a apresentação do segmento subsequente.

Adicionalmente, o desafio de projetar proposições utilizando narrativas de curta duração é uma forma garantir a criação de proposições objetivas e concisas, que minimizem as possibilidades de sobrecarregar a memória de trabalho do estudante com elementos de informação de menor relevância.

A Figura 5.21 mostra um exemplo de segmentação intraobjeto no qual uma narrativa longa é apresentada na forma de uma sequência de narrativas de curta duração.

Figura 5.21. Exemplo de segmentação em narrativas de curta duração



¹⁹ Ver enunciado do Princípio do Ajuste de Ritmo no Quadro 3.5.

²⁰ Curta duração: recomenda-se que, para proposições desconhecidas que exijam intenso processamento cognitivo, o tempo de cada segmento seja da ordem de 30 segundos.

Relações de Diferenças - Questão 1

Sabendo que a Velocidade e Consumo de Combustível são constantes, calcule:

Qual a velocidade deste veículo (km/h)?

Qual o consumo deste veículo (l/h)?

Qual o desempenho deste veículo (km/l)?



Relações de Diferenças

As três grandezas solicitadas na questão anterior são "Relações de Diferenças".

$$\text{Relação de Diferenças} = \frac{\Delta A}{\Delta B} = \frac{A_{\text{final}} - A_{\text{inicial}}}{B_{\text{final}} - B_{\text{inicial}}}$$

Relações de Diferenças - Questão 1

Sabendo que a Velocidade e Consumo de Combustível são constantes, calcule:

Qual a velocidade deste veículo (km/h)?

Qual o consumo deste veículo (l/h)?

Qual o desempenho deste veículo (km/l)?



Vejam os passos a passo...

Tempo Transcorrido

Para calcular o tempo transcorrido entre 13:00 e 16:00, é feita uma operação de Subtração (Diferença):

$$\text{Tempo transcorrido} = 16\text{h} - 13\text{h} = 3\text{h}$$



Tempo Transcorrido - fórmula de cálculo

Para calcular o tempo transcorrido entre 13:00 e 16:00, é feita uma operação de subtração (diferença):

Tempo transcorrido = 16h – 13h = 3h

Isto é,

$$\Delta t = t_f - t_i$$

onde

- Δt é o tempo transcorrido (3 h);
- t_f é o tempo final (16h);
- t_i é o Tempo inicial (13h);

etc...

5.10 Especificações Complementares / Construção

O resultado dos passos anteriores é a especificação detalhada das proposições de projeto e sistema navegacional. As proposições de projeto estão especificadas na forma de textos escritos e, para que se construa o objeto de aprendizagem são necessárias especificações complementares tais como imagens, áudios e sequenciamento (*storyboard*). Conforme apresentado na introdução deste capítulo, nem sempre é possível separar as etapas de especificação, projeto e construção. Por exemplo, a especificação de uma imagem que deve ser utilizada no OA pode ser feita através de diversas formas, que vão desde a descrição do tipo de imagem que deve ser produzida por profissionais de artes visuais até fornecimento da própria imagem pronta.

Independentemente da forma como serão feitas as especificações, a conclusão do projeto do OA necessita ainda que sejam definidos os recursos multimodais interativos e seu sequenciamento dentro de cada proposição de projeto.

Por exemplo, proposições exposição podem utilizar um vídeo no qual um docente utiliza um quadro negro; Neste caso, o roteiro (que especifica apenas a narrativa) deverá ser complementado com as demais informações necessárias para produção do vídeo e o processo de implementação consistirá na filmagem.

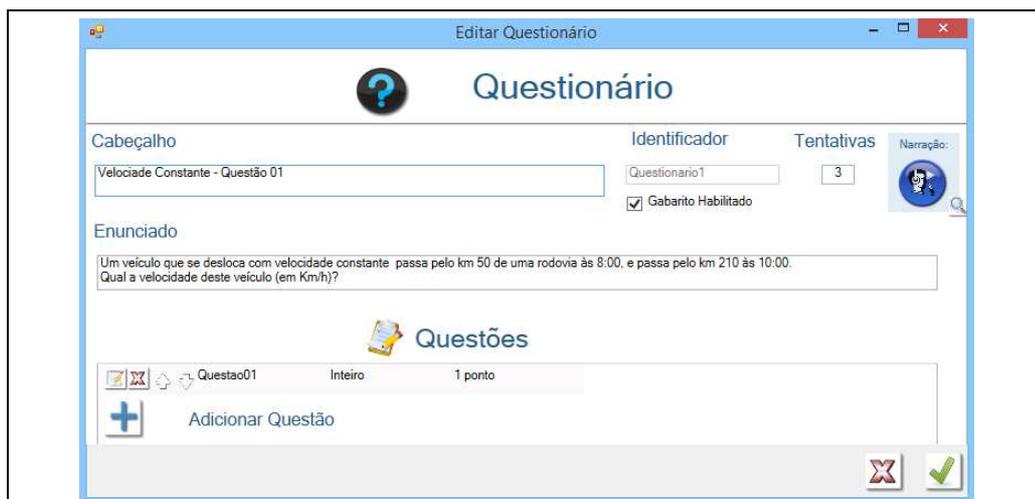
Nesta etapa do projeto, deve-se garantir a existência de compatibilidade entre as especificações de projeto e os recursos e limitações tecnológicos e financeiros.

A Figura 5.12 apresenta como exemplo o pacote de softwares que foi utilizado para o desenvolvimento dos objetos de aprendizagem multimídia multimodais utilizados nas pesquisas relacionadas a este trabalho. As ferramentas utilizadas permitiram que se utilizassem determinadas especificações que deveriam ser revistas caso se utilizassem tecnologias mais simples:

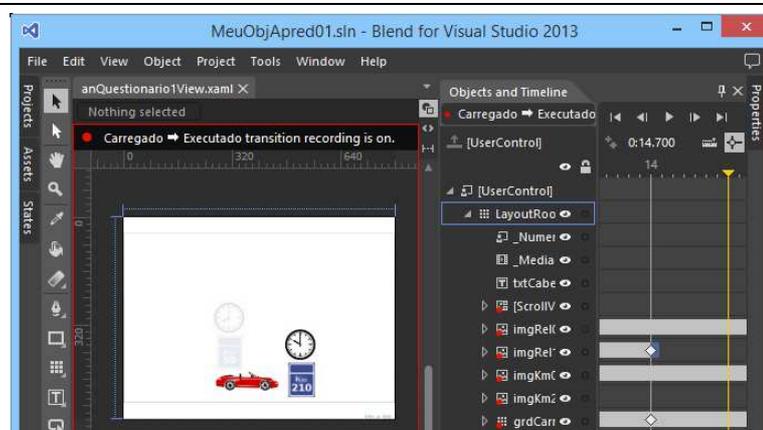
1. o software *Audacity* é utilizado para gravar os áudios e visualizar a linha de tempo da narrativa;
2. o software *ABCatoria*: sistema CAD de apoio ao projeto de Objetos de Aprendizagem;
3. o software *Microsoft Blend for Visual Studio* design de sistemas multimídia.

Figura 5.22 - Ferramentas para produção de animações sincronizadas com arquivo de áudio





b. ABCAutoria: Criação da Proposição – Áudio e Texto



c. Microsoft Blend for Visual Studio: adição de imagens e sincronização com o áudio

Fonte: Elaborado pelo autor.

Embora seja possível descrever passo a passo a forma como utilizar o ambiente apresentado na Figura 5.22 para construir OAs especificados através da metodologia PBTA, esta descrição fugiria do escopo deste trabalho, pois a metodologia PBTA não está vinculada a uma tecnologia específica. Canto et al. (2014a) citam que esta metodologia foi avaliada por um grupo de doutorandos, que utilizaram o software *Microsoft Power Point* com excelentes resultados (apesar das restrições que esta tecnologia possui em termos de interatividade e produção de animações que sincronizem áudio e imagens).

No capítulo a seguir serão relatados alguns experimentos realizados com objetos de aprendizagem desenvolvidos segundo a metodologia PBTA.

6 AVALIAÇÃO DA METODOLOGIA DE MODELAGEM E PROJETO

Neste capítulo serão apresentadas pesquisas experimentais que foram realizadas com o objetivo de demonstrar a viabilidade e a eficácia da metodologia de projeto (PBTA) e modelagem (MOTRAC) propostos neste trabalho.

6.1 Descrição dos Experimentos

6.1.1 Recursos Utilizados

Os estudos de caso relatados nesta seção utilizaram um OA desenvolvido segundo a metodologia PBTA, cujo espaço conceitual relaciona-se com o tema “*Sistemas Numéricos – Números Binários*”. Este tema é normalmente apresentado em uma aula expositiva de duas horas, na disciplina *ENG04427-Técnicas Digitais*²¹. Este tema foi escolhido pelos seguintes motivos:

1. Ausência de pré-requisitos: a aprendizagem de números binários exige apenas conhecimento prévio dos números decimais e exponenciação, conteúdos do ensino básico. Minimizam-se assim as possibilidades de que as diferenças apuradas no estudo sejam decorrentes da inexistência de conceitos subsunçores nos quais ancorar novos conceitos.
2. Roteiro existente: a existência de um roteiro de aula expositiva que foi aperfeiçoado para o público alvo específico ao longo de vários semestres; este roteiro foi adaptado para o objeto de aprendizagem autônoma.
3. Disponibilidade de Tempo: para não comprometer o cronograma da disciplina, apenas três horas foram disponibilizadas para esta pesquisa; o tema escolhido se enquadrava dentro do tempo disponível.
4. Em função da experiência como docente desta disciplina, sabe-se que nem todos os alunos conseguem acompanhar o ritmo de apresentação que é imposto pelo cronograma da disciplina quando se aborda este tema.

O objeto de aprendizagem foi desenvolvido utilizando a tecnologia *Microsoft Silverlight* e as ferramentas *Microsoft Visual Studio*, *Audacity* e *Microsoft Web Express*.

²¹ A disciplina *ENG04427-Técnicas Digitais* é uma disciplina obrigatória, ministrada para estudantes do 3º semestre dos cursos de Engenharia Elétrica e Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Optou-se pelo uso desta tecnologia devido a:

1. possibilidade Integração ao Moodle²² via padrão SCORM;
2. acesso via Web;
3. possibilidade de uso de recursos Multimídia e Interação;
4. possibilidade de trabalhar com animações;
5. compatibilidade com o sistema operacional e *browsers* mais utilizados na ocasião²³;
6. possibilidade de trabalhar com bibliotecas que incorporem padrões de projeto.

O padrão SCORM – Shared Component Object Reference Model (SCORM, 2011) – foi utilizado para construção da interface entre o OA e o ambiente Moodle. Através desta interface, o objeto desenvolvido identifica o nome do estudante e registra os escores e respostas das questões. O padrão SCORM é também utilizado para o salvamento e recuperação do estado de execução do OA: caso o estudante interrompa a execução do OA, a posterior retomada ocorrerá exatamente no ponto de interrupção, mesmo que seja utilizado outro computador.

Além de possibilitar a pesquisa relacionada à questão de pesquisa deste trabalho, o desenvolvimento do OA teve como objetivo secundário criar um conjunto de padrões de projeto, bibliotecas e geradores de código que abreviassem o ciclo de desenvolvimento de novos OAs.

Este objeto de aprendizagem foi utilizado nos dois experimentos que serão apresentados nas seções a seguir.

²²Moodle é o Ambiente Virtual de Aprendizagem padrão na instituição onde a pesquisa se desenvolveu (UFRGS).

²³ Na ocasião em que se iniciaram os experimentos (2011), a tecnologia Silverlight era apresentada pela Microsoft como uma alternativa que iria prevalecer nas aplicações RIA (Rich Internet Application). No corrente ano (2015), constata-se que esta previsão não se concretizou.

6.1.2 Caso I: Objeto de Aprendizagem X Aulas Expositivas

O objetivo desta pesquisa foi comparar o processo tradicional de ensino de engenharia (aulas presenciais expositivas) com o uso de Objetos de Aprendizagem Autônoma. O estudo ocorreu no primeiro semestre de 2012 e envolveu 66 estudantes, que foram divididos em dois grupos. A composição dos grupos foi definida por sorteio. Cada um dos grupos aprendeu segundo um processo de ensino e aprendizagem diferente:

- *Grupo OBJ*: aprendeu utilizando o OA
- *Grupo PRS*: assistiu à aula expositiva tradicional (Grupo de Controle).

Na aula expositiva posterior àquela na qual foi apresentado o conteúdo ao grupo PRS foi realizado um teste que avaliou o desempenho dos dois grupos. **Os estudantes não foram previamente comunicados sobre a realização deste teste.** Esta fase do estudo foi chamada de “*Aprendizagem Natural*” (AN), porque os estudantes não se prepararam para o teste de conhecimentos.

Após o teste o acesso ao OA foi liberado para o grupo PRS.

Também após o teste aplicou-se um questionário (pesquisa de opinião) sobre o uso de OAs, que foi utilizado para obter informações complementares sobre a percepção dos estudantes a respeito do uso de Objetos de Aprendizagem Autônoma e sobre oportunidades de melhoria.

Além da divisão nos grupos OBJ e PRS, os estudantes foram classificados em duas categorias, definidas em função do ajuste ao processo de ensino e aprendizagem tipicamente utilizado no curso:

- ADJ: estudantes adaptados ao sistema de ensino e aprendizagem tipicamente utilizado no curso (aulas presenciais expositivas).
- N_ADJ: estudantes não adaptados.

Para o enquadramento nos grupos ADJ e N_ADJ, utilizou-se o indicador *I3*, que corresponde à nota média do curso (escala de 0 a 10). Consideram-se adaptados os estudantes com *I3* superior ou igual a 7.5 e não adaptados os demais.

A segunda fase deste estudo ocorreu no segundo semestre de 2012 e envolveu 47 estudantes. Esta fase foi idêntica à primeira, exceto pelo fato de que **estudantes foram comunicados que haveria uma avaliação que “valeria nota”**. Esta comunicação ocorreu na semana que antecedeu a aula expositiva, e teve como objetivo motivar os estudantes a se dedicar à aprendizagem do tema. Isto é, utilizou-se o sistema de avaliação da disciplina para:

1. estimular o grupo PRS a comparecer à aula e dedicar-se ao aprendizado dos tópicos apresentados;
2. estimular o grupo OBJ a executar o objeto de aprendizagem;
3. estimular todos para que se preparassem para o teste presencial.

Pelo fato de utilizar o sistema de avaliação da disciplina como um fator de controle externo da motivação, esta fase do estudo foi chamada de “*Aprendizagem Forçada*” (AF).

A análise dos resultados concentrou-se no grupo de interesse (N_ADJ), dos estudantes não adaptados aos processos de ensino e aprendizagem do curso.

A Tabela 6.1 mostra os índices de frequência²⁴ observados na primeira fase do estudo (*Aprendizagem Natural*, $n = 66$ estudantes). Esta tabela compara a frequência dos estudantes do grupo ADJ (*Estudantes com nota média de curso superior ou igual a 75%*) com a frequência dos estudantes do grupo NADJ (*Desempenho médio de curso inferior a 75%*).

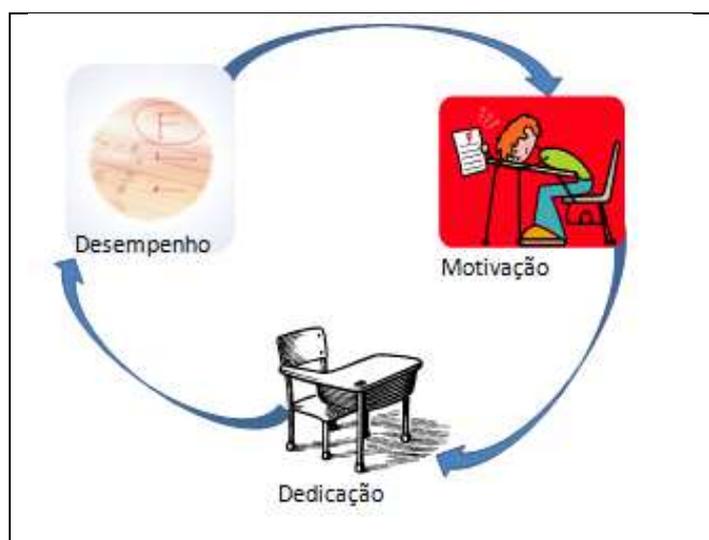
Tabela 6.1 - Indicadores de Frequência (AN)

	OBJ	PRS
ADJ	78%	76%
N_ADJ	48%	38%

Fonte: Pesquisa do autor

Observe que os estudantes do grupo NADJ tiveram índices de frequência substancialmente inferiores aos demais, o que é um indicativo de falta de motivação.

Figura 6.1 - Ciclo de queda de motivação e desempenho



Fonte: Elaborado pelo autor; imagens: Microsoft Office Clipart.

²⁴ Índice de frequência:

no grupo PRS o índice de frequência mostra o percentual de estudantes que compareceu à aula;
no grupo OBJ o índice de frequência mostra o percentual de estudantes que executou o OA.

A Figura 6.1 mostra um ciclo afetivo-cognitivo, no qual o estudante é afetado negativamente por baixos escores, reduzindo sua motivação e índices de frequência. Os baixos índices de frequência afetam o processo de aprendizagem, que por sua vez resultam em baixos escores, caracterizando um ciclo vicioso que muitas vezes resulta no abandono do curso.

O *Princípio da Dimensão Afetiva*, apresentado no Quadro 3.7, reforça a importância de se considerar os aspectos motivacionais não apenas quando se projetam objetos de aprendizagem, mas também quando os mesmos são utilizados.

Quando a falta de motivação²⁵ resulta em queda de frequência caracteriza-se uma situação de difícil reversão: *de que adianta melhorar os processos de ensino e aprendizagem se o estudante não comparece?*

A *teoria da liderança situacional* desenvolvida por Paul Hersey e Kenneth Blanchard (1993) considera que o *estilo de liderança* deve variar em função da motivação e capacitação técnica dos liderados (LEVEK; MALSCHITZKY, 2002). Em situações de pouca motivação e pouca capacidade técnica, esta teoria recomenda que se utilize o estilo “*Determinar*”, no qual o líder realiza uma supervisão mais próxima e frequente, especificando *o que, como e quando* as tarefas devem ser realizadas. Canto e Susin (2006) propõem que a teoria da liderança situacional se aplique ao ensino e aprendizagem, ajustando-se o nível de controle do docente conforme sua estrutura cognitiva e motivação. Isto é, a aplicação da teoria da liderança situacional a esta situação de baixa motivação e baixo desempenho indicaria o uso de uma estratégia de maior detalhamento e acompanhamento das tarefas. A proposta de realização e avaliação de testes diários se enquadra nesta estratégia.

A Tabela 6.2 considera apenas os estudantes do grupo N_ADJ (estudantes com nota média de curso abaixo de 75%). Esta tabela compara a frequência destes estudantes na condição de *Aprendizagem Natural (AN)* com a condição de *Aprendizagem Forçada (AF)*.

Tabela 6.2 - Frequência – Aprendizagem Natural X Forçada

	OBJ	PRS
<i>Aprendizagem Natural</i>	48%	38%
<i>Aprendizagem Forçada</i>	95%	69%

Fonte: Pesquisa do autor

A Tabela 6.2 mostra que a condição de *Aprendizagem Forçada* teve maiores percentuais de presença, sinalizando que um sistema de avaliação continuada pode ser uma

²⁵ Falta de Motivação – consulte *Sem Motivação* - Figura 2.6 e Figura 2.7.

alternativa que de liderança no estilo “*Determinar*”, capaz de estimular estudantes que se encontrem sem motivação.

O Sistema de Avaliação continuada é também uma forma de estimular uma mudança de hábitos de estudo dos estudantes que costumam “*Estudar para a Prova*”. Este hábito de estudo é pouco eficaz nos cursos de engenharia, onde os temas abordados numa determinada aula servem de base para a aula subsequente. Neste contexto, a condição recomendada é “*Estudo Diário*”, de forma que o estudante inicie cada aula com os conceitos da aula anterior consolidados como *conceitos subsunçores*, nos quais serão ancoradas as novas proposições apresentadas. Infelizmente existem dificuldades para implementação da avaliação continuada nos sistemas tradicionais porque somente um pequeno percentual do tempo em sala de aula é previsto para avaliação.

Neste contexto, o uso de tecnologias pode ser de grande valia, possibilitando a criação de um sistema de avaliação parcial no qual se proponham questões disponibilizadas pela internet, de forma a estimular o estudo diário sem comprometer o programa da disciplina.

Estudos realizados pelo autor (CANTO et al., 2014b) mostraram que a simples introdução de um sistema de avaliação baseado em questões e vídeos produzidos por estudantes apresentam resultados positivos no desempenho dos estudantes de engenharia.

Outro aspecto relevante a ser observado na Tabela 6.2 é a diferença de frequência existente entre grupo OBJ e grupo PRS. Observa-se que os estudantes que aprenderam utilizando o objeto de aprendizagem (grupo OBJ) tiveram uma frequência maior do que os estudantes que assistiram à aula presencial (grupo PRS).

Os objetos de aprendizagem autônoma favorecem a frequência, pois permitem que o estudante realize seus estudos “*a qualquer hora, em qualquer lugar*”, enquanto as aulas expositivas presenciais possuem hora e locais definidos. Isto é, o sistema de aulas presenciais necessita um gasto extra de energia, relacionado ao deslocamento até a sala de aula; também o horário definido para a aula pode não ser o horário de maior produtividade do estudante.

Por outro lado, a flexibilidade oferecida pelos objetos de aprendizagem pode ser contraproducente: estudantes pouco motivados podem optar por executar o objeto de aprendizagem num horário ou local desfavorável para a aprendizagem.

Na pesquisa de opinião²⁶ realizada neste estudo foram apresentadas duas questões sobre os horários de acesso aos objetos de aprendizagem:

²⁶Percentuais calculados considerando 36 estudantes do grupo N_ADJ (grupo dos estudantes com nota média de curso inferior a 75%)

Tabela 6.3 - Pesquisa de opinião – Flexibilidade de Horários

A Flexibilidade de Horários...	%
...atrapalha muito. Acho muito melhor ter horário fixo para aulas presenciais do que a flexibilidade de poder executar o objeto de aprendizagem a qualquer momento.	3
...atrapalha. Acho melhor ter horário fixo para aulas presenciais do que a flexibilidade de poder executar o objeto de aprendizagem a qualquer momento.	5
...não atrapalha nem ajuda. Para mim é indiferente ter horário fixo para aulas presenciais ou ter a flexibilidade de poder executar o objeto de aprendizagem a qualquer momento.	28
...ajuda. Acho melhor a flexibilidade de poder executar o objeto de aprendizagem a qualquer momento, do que ter um horário marcado para aula presencial.	39
... ajuda muito. Acho muito melhor a flexibilidade de poder executar o objeto de aprendizagem a qualquer momento, do que ter um horário marcado para aula presencial.	25

Fonte: Pesquisa do autor

A Tabela 6.3 mostra que 64% dos estudantes consideram que a flexibilidade de horários ajuda.

A Tabela 6.4 mostra que 67% declararam que executaram o objeto de aprendizagem num horário em que se sentiam mais dispostos para estudar do que o horário de aula.

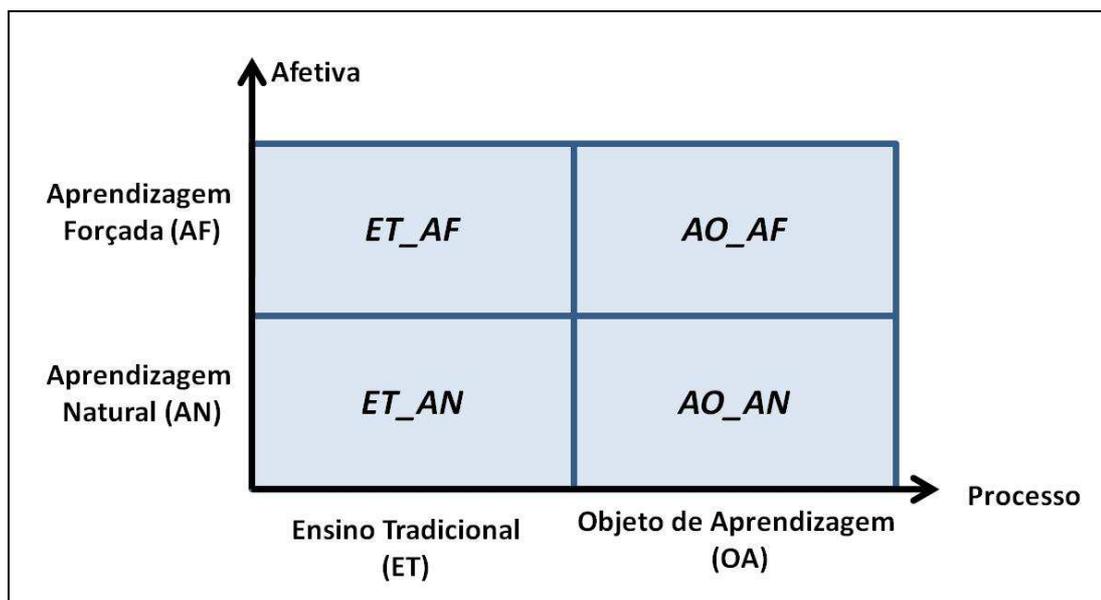
Tabela 6.4 - Pesquisa de Opinião – Horário de Execução do OA

Considerando os horários em que me sinto mais disposto para estudar, executei o objeto de aprendizagem...	%
... num horário em que me sinto mais disposto do que o horário da aula.	67%
... num horário em que me sinto tão disposto quanto o horário da aula.	25%
... num horário em que me sinto menos disposto do que o horário da aula.	8%

Fonte: Pesquisa do autor

A avaliação dos resultados obtidos nos testes de conhecimento considerou as duas dimensões apresentadas na Figura 6.2, a seguir.

Figura 6.2 - Dimensões consideradas na Análise



Fonte: Elaborada pelo autor.

A Figura 6.2 apresenta um gráfico com dois eixos:

1. **o eixo horizontal (Processo)** refere-se ao processo de ensino e aprendizagem; possui dois valores possíveis:
 - a. **Ensino Tradicional (ET):** processo de ensino e aprendizagem por recepção, tipicamente utilizado nos cursos de engenharia (*Grupo PRS – aula expositiva presencial*).
 - b. **Objeto de Aprendizagem (OA):** processos de ensino e aprendizagem suportados por objeto de aprendizagem (*Grupo OBJ - aprendizagem autônoma com uso do OA*).
2. **o eixo vertical (Afetiva)** refere-se ao tipo de estímulo externo para a aprendizagem. Possui dois valores:
 - a. **Aprendizagem Natural (AN):** Refere-se à primeira fase do estudo, na qual os estudantes não foram comunicados sobre o teste.
 - b. **Aprendizagem Forçada (AF):** Refere-se à segunda fase do estudo, na qual os estudantes foram estimulados ao estudo através da comunicação prévia de que seria feito um teste de conhecimentos cujo resultado faria parte do conceito final da disciplina.

A existência de dois valores no eixo dos processos e dois valores no eixo da dimensão afetiva resulta na caracterização de quatro quadrantes:

1. **ET_AN**: grupo dos estudantes que aprenderam em aula expositiva e não foram comunicados sobre o teste;
2. **ET_AF**: grupo dos estudantes que aprenderam em aula expositiva no estudo e foram comunicados sobre o teste;
3. **AO_AN**: grupo de estudantes que aprenderam utilizando o objeto de aprendizagem e não foram comunicados sobre o teste;
4. **AO_AF**: grupo de estudantes que aprenderam utilizando o objeto de aprendizagem e foram comunicados sobre o teste;

Para analisar os resultados, foram selecionados dez estudantes de cada um dos grupos acima. Esta seleção foi feita de forma a garantir que todos os grupos fossem homogêneos em termos de desempenho histórico no curso: um teste de Levene realizado com o índice I3 (nota média de curso) foi realizado, permitindo afirmar que os grupos são homogêneos ($p < 0,01$).

A análise comparativa dos resultados dos testes de desempenho foi realizada utilizando-se o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis. Optou-se pelo uso de um teste não paramétrico porque as condições necessárias para o uso de testes paramétricos não foram completamente atendidas.

A Tabela 6.5 mostra o resultado do teste de Kruskal-Wallis que confirmam a existência de uma diferença significativa entre os escores dos testes dos quatro grupos.

Tabela 6.5 - Resultados do Teste de Kruskal-Wallis

p	0,021
α	0,05
sig	yes

Fonte: (CANTO; DE LIMA; TAROUCO, 2014)

Para identificar o grupo que se destaca dos demais o teste Kruskal-Wallis foi utilizado numa comparação dois a dois, gerando os resultados apresentados na Tabela 6.6. Nesta tabela considerou-se o limite do intervalo de confiança corrigido pelo fator de correção de Dunn/Sidák, identificou-se que:

1. Houve uma diferença significativa ($p < 0,05$) entre os escores do grupo OA_AF e grupo ET_AN.
2. Houve uma diferença significativa ($p < 0,1$) entre os escores do grupo OA_AN e grupo ET_AN.

3. Houve uma diferença significativa ($p < 0,1$) entre os escores do grupo ET_AN e grupo ET_AF.

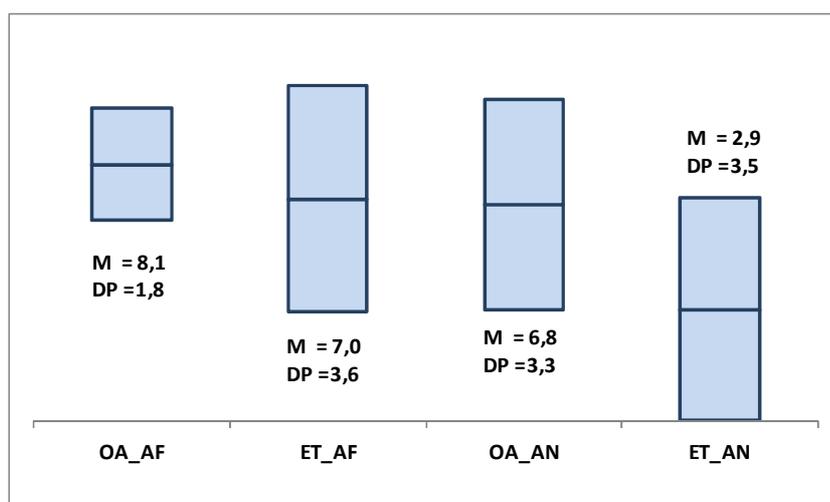
Tabela 6.6 - Comparação dois a dois

	<i>p-value</i>
OA_AF x ET_AN	0,004
OA_AF x OA_AN	0,571
OA_AF x ET_AF	0,762
OA_AN x ET_AN	0,017
ET_AN x ET_AF	0,028
OA_AN x ETAF	0,880

Fonte: (CANTO; DE LIMA; TAROUCO, 2014)

A Figura 6.3 ilustra as diferenças entre as médias e desvios padrões dos grupos investigados.

Figura 6.3 - Resultados por Grupo



Fonte: (CANTO; DE LIMA; TAROUCO, 2014).

Observa-se que todos os grupos tiveram um desempenho médio superior ao do grupo de controle ET_AN. O grupo OA_AF obteve resultados médios mais elevados e mais homogêneos que o grupo ET_AN.

Os resultados estão coerentes com a realidade dos estudantes não adaptados ao sistema típico de ensino de engenharia. Citam-se como possíveis causas desta falta de adaptação:

1. falta de subsunçores em quantidade e qualidade adequada;
2. falta de motivação;
3. fatores logísticos;
4. falta de ajuste entre o estilo de ensino e o estilo de aprendizagem.

A quantidade e qualidade dos conceitos subsunçores onde ancorar as novas proposições são consideradas por Ausubel, Novak e Hanesian (1980) como os principais pré-requisitos para a aprendizagem significativa. Segundo este raciocínio, diferenças cognitivas individuais entre os integrantes dos grupos poderiam justificar as diferenças nas médias e variâncias. O processo de seleção dos grupos analisados foi feito de forma a garantir grupos homogêneos em termos de desempenho médio no curso e de conceitos subsunçores necessários ao objeto do conhecimento (divisão e exponenciação) permitem pressupor²⁷ que as diferenças observadas não decorrem de diferenças relacionadas à quantidade e qualidade dos subsunçores.

A falta de motivação dos estudantes é um dos principais fatores responsáveis pela evasão e retenção em cursos de engenharia. Diferentemente do domínio cognitivo, raramente o ingressante possui dificuldades decorrentes de falta de motivação. No entanto, ocorre um rápido declínio desta motivação inicial entre os estudantes que tem dificuldades para acompanhar o curso.

Embora se possa questionar sobre a profundidade da aprendizagem cuja motivação é a aprovação na disciplina, observou-se que o uso do sistema de avaliação como fator de motivação externa (AF) resultou num desempenho médio superior, quando comparado com o grupo de controle (ET_AN). Quando analisados sob a teoria da autodeterminação (RYAN; DECI, 2000) estes resultados reafirmam que a condição de motivação extrínseca é melhor do que a situação em que não há motivação alguma.

Sobre a qualidade da motivação “por nota”, devem-se realizar dois questionamentos:

1. Como o estudante percebe a motivação por nota (estilo regulatório)?
2. Como o estudante lida com o estilo regulatório externo (quando o fator motivador é percebido como um fator externo aos seus interesses pessoais)?

Com relação ao estilo regulatório, não há dúvidas que, na forma como foi realizada a pesquisa, a motivação “por nota” é uma motivação “Extrínseca” (ver Figura 2.7- *Motivação e autodeterminação*).

No entanto, o estilo regulatório da motivação extrínseca depende da percepção do estudante sobre o local de origem desta motivação:

1. o estudante pode perceber que a nota é uma medida de seu valor pessoal, que irá para seu currículo e será determinante para conquista de seus objetivos (Regulação

²⁷ A garantia de homogeneidade em termos de quantidade e qualidade de subsunçores somente seria possível mediante uma avaliação presencial. Esta situação ideal não pode ser implementada devido às restrições de tempo impostas pelo cronograma da disciplina.

Integrada). Neste caso ele realizará um esforço legítimo para a aprendizagem significativa.

2. o estudante pode perceber que a origem da motivação é completamente externa (Regulação Externa), imposta pelo professor como um prêmio ou castigo.

Mesmo no caso em que o aluno perceba a nota como um fator de regulação externa, existem pelo menos três argumentos que justificariam o uso deste tipo de estratégia:

1. estudantes que já estejam motivados, não se sentirão prejudicados;
2. estudantes que não estejam motivados serão beneficiados porque, segundo a teoria da autodeterminação a motivação extrínseca com estilo regulatório externo é uma condição mais favorável do que a completa falta de motivação;
3. não existe unanimidade sobre a profundidade da aprendizagem decorrente de um estilo regulatório externo. Alguns autores (MARTON; HOUNSELL; ENTWISTLE, 1997; RUST, 2002) consideram que a profundidade de abordagem para a aprendizagem é uma característica individual dos estudantes, delineando três perfis:
 - a. **Abordagem superficial:** métodos de estudo voltados para a aprendizagem superficial (aprendizagem mecânica);
 - b. **Abordagem Profunda:** métodos de estudo voltados para a abordagem profunda (Aprendizagem Significativa);
 - c. **Abordagem Estratégica:** utilizam métodos de aprendizagem profunda quando percebem que o tipo de avaliação exige uma aprendizagem profunda; nos demais casos utilizam a abordagem superficial.

Uma das vantagens dos OAs é a possibilidade de incorporar questões corrigidas automaticamente que venham a ser exploradas como fator de motivação extrínseca sem a necessidade de espaço física ou horas docente para correção ou aplicação dos testes.

A realização de testes à distância e atribuição de pontuação adicional admite a possibilidade de que as questões sejam respondidas sem que o estudante realize o esforço cognitivo desejado quando se utiliza esta estratégia, razão pela qual se deve ter o cuidado de evitar a possibilidade de que este mecanismo de motivação se sobreponha aos sistemas de avaliação.

Observe na Tabela 6.6 que, mesmo sem o estímulo externo da avaliação (AN) constatou-se uma diferença significativa entre médias dos grupos OA_AN e ET_AN ($p < 0.1$). Os resultados encontrados nesta comparação podem possuir uma componente afetiva, conhecida como efeito Hawthorn (PARSONS et al., 1973). Isto é, a participação no experimento pode ter afetado positivamente os estudantes que participaram do grupo OA_AN. A real condição de aprendizagem natural utilizando OA somente poderá ser apurada após a implementação de um curso completo com esta modalidade, tema a ser investigado em pesquisas futuras.

A possibilidade de aprendizagem “*a qualquer hora, em qualquer lugar*” é um dos pontos positivos do uso de OAs. Na cidade de Porto Alegre onde foi realizado este estudo, o tempo de deslocamento entre a residência e a universidade pode ser superior a duas horas; este tempo de deslocamento é um desgaste inexistente quando se utilizam objetos de aprendizagem, disponibilizando tempo para que o estudante possa se dedicar aos estudos ou outras atividades.

O principal fator responsável pelas diferenças encontradas através do experimento realizado é o nível de personalização do ensino. Foram selecionados para esta pesquisa apenas estudantes com desempenho médio de curso inferior a 75%, que não se ajustam ao sistema tradicional de ensino de engenharia. O uso de tecnologias permite um maior nível de personalização, decorrente da aplicação dos princípios de projeto citados nas seções anteriores. Destaca-se aqui o “*Princípio de Ajuste de Ritmo*”, que permite que cada estudante execute o OA segundo o seu ritmo de aprendizagem, dispondo do tempo necessário para realizar suas reflexões. Um caso particular de ajuste de ritmo diz respeito à abordagem de aprendizagem por descoberta guiada utilizada no OA (*resgate-questão-exposição*); o uso de OAs permite que a questão seja corrigida “em tempo real”, e que a exposição seja iniciada imediatamente após o estudante haver respondido à questão. Este tipo de abordagem não poderia ser adotado em sistemas tradicionais devido à dificuldade de realizar a correção em tempo real e aos diferentes tempos que cada estudante necessita para responder à questão. Adicionalmente, os OAs permitem que o estudante reveja o material tantas vezes quanto desejar, enquanto no sistema tradicional esta opção necessitaria que o estudante se expusesse frente ao grupo, solicitando que o conteúdo fosse reapresentado.

Paralelamente, algumas boas práticas das aulas presenciais podem também ser incorporadas aos OAs, tais como a apresentação simultânea de materiais no modo verbal-auditivo e não-verbal-visual (apresentação multimodal).

Na pesquisa de opinião foi apresentada uma questão aberta *“Por favor, expresse a sua opinião sobre o uso de Objetos de Aprendizagem”*. Vinte e quatro estudantes manifestaram preocupação quanto à possibilidade de se adotar um processo de aprendizagem autônoma que não ofereça oportunidade de esclarecimento de dúvidas com o docente. Algumas destas manifestações são transcritas no Quadro 6.1.

Quadro 6.1 - Manifestações sobre o necessário contato com o docente

“O uso de objetos de aprendizagem oferece uma flexibilidade de horários que favorece bastante a execução das aulas, mas um ponto contra é a impossibilidade de esclarecer eventuais dúvidas com o professor.”

“... acredito que este objeto deve ser usado para auxiliar a aprendizagem, e é uma ótima alternativa se utilizado esporadicamente para substituir o professor (ausências em congressos e palestras), entretanto nada substitui uma aula presencial. Estudantes em um curso superior buscam se encaminhar dentro de uma profissão e a engenharia, como em outras áreas, possui muitos ramos de atuação, portanto a presença de um professor, que demonstre mais do que a matéria e possa mostrar eventuais dúvidas e curiosidades que os suscitem muitas vezes abrem portas na curiosidade dos estudantes...”

“O potencial dos objetos é enorme, pois tornam o estudo muito mais individualizado, favorecendo as características individuais dos estudantes. Acho que aulas por objetos com algum horário para tirar dúvidas com professores é o ideal”.

“Ele é útil, mas não pode substituir uma aula presencial. Algumas dúvidas só são tiradas com o auxílio do professor.”

Fonte: Pesquisa do autor

O uso de objetos de aprendizagem autônoma deve ser cuidadosamente planejado e acompanhado, pois se trata de uma mudança de paradigmas profundamente enraizados ao longo de uma vida estudantil baseada em aulas expositivas. Algumas manifestações dos estudantes evidenciam entusiasmo ou ceticismo que podem favorecer ou prejudicar o processo de mudança, como exemplifica o Quadro 6.2.

Quadro 6.2 - Entusiasmo e ceticismo

“Subestimei "objeto" antes de entrar em contato, no entanto, ao longo das perguntas... a minha motivação era lentamente aumentada, de modo que, esperava ansiosamente pela próxima e próxima pergunta, era como num "jogo", divertidíssimo. Estou surpreso porquanto fiquei incentivado...”

“... peço aos responsáveis para que nós estudantes tenhamos a oportunidades de criar objetos dessa magnitude e implementar por meio do Moodle...”

“eu fiz parte da turma que teve aula presencial e acredito que aprendi muito mais com o professor. Não acho que estaria capacitada a resolver toda a prova somente com o objeto de aprendizagem”.

“... Afinal, se a lógica de que aprender a distância é melhor do que presencial, as universidades à distância seriam as melhores do país.”

Fonte: Pesquisa do autor

O Quadro 6.3 apresenta manifestações de estudantes que relacionam a eficácia do processo de ensino suportado por OAs com a complexidade da matéria. Observa-se que algumas manifestações expressam a crença de que somente foi possível aprender devido à simplicidade do conteúdo, enquanto outras manifestam a opinião de que a aprendizagem ocorre em função da motivação associada aos conteúdos. Observa-se novamente a preocupação com a possibilidade de que o método venha a excluir o suporte docente.

Quadro 6.3 - Facilidade de Aprendizagem e Complexidade da Matéria

“Penso que o Ensino à Distância pode ser útil e interessante para alguns conteúdos somente. Assuntos simples... Assuntos mais complexos penso ser necessária a interação estudante-professor...”.

“Se houvesse Objetos de Aprendizagem, no nível do realizado para bases numéricas, associados aos conteúdos mais "chatos" de algumas cadeiras... podendo reduzir bastante o número de reprovações...”.

“Achei que foi bom, mas se o conteúdo fosse algo mais complexo seria mais difícil de aprender sozinho.”

Fonte: Pesquisa do autor

Quadro 6.4 – A realimentação no processo de melhoria contínua

Porém, acho que o sistema como nos foi apresentado poderia melhorar em alguns aspectos:...

-as animações são um tanto quanto desnecessárias, consumindo muito tempo;

-narração também desnecessária;

...

Fonte: Pesquisa do autor

Na questão sobre sugestões de melhoria do objeto de aprendizagem foram apresentadas algumas considerações (Quadro 6.4) que se contrapõem aos princípios de projeto multimídia multimodais propostos por Mayer e Moreno (MAYER, 2008; MORENO; MAYER, 2007). Este tipo de manifestação é coerente com o chamado *efeito reverso* da apresentação multimodal, que ocorre com estudantes mais experientes (KALYUGA et al, 2000, 2012), e sinaliza a necessidade de que exista uma modalidade de ajuste de ritmo que contemple a diferenciação entre o estudante aprendiz que necessita narrativas detalhadas em seu processo de aprendizagem e o estudante experiente, que está utilizando o OA como instrumento de revisão. Esta diferenciação pode ser implementada de forma padrão, considerando que os objetos de aprendizagem possuam pelo menos dois modos de execução:

1. modo estudante: para iniciantes, apresentando as informações verbais na forma de narração acompanhada de animações
2. modo revisão: para estudantes experientes, apresentando a informação verbal na forma escrita.

Em resumo, não obstante as evidências de eficácia apresentadas pelos indicadores de desempenho e frequência, as respostas aos questionários mostram diferentes crenças e percepções, que poderão simplificar ou dificultar o uso de objetos de aprendizagem autônoma. O uso de Objetos de Aprendizagem autônoma deve ser precedido por um planejamento cuidadoso, que contemple um processo eficaz de comunicação, monitoramento dos desconfortos e rápida atuação para ajuste de eventuais desvios.

Quadro 6.5 -Críticas à aprendizagem por descoberta guiada

“As perguntas antes da apresentação do conteúdo, dificultam a realização do mesmo. Seria bom inverter a ordem, primeiro o conteúdo, depois os exercícios.”

“Acredito que as questões de bases numéricas deveriam ser propostas após a apresentação do conteúdo das questões...”

“Não entendi o porquê de responder a questão antes de ver o conteúdo referente à questão...”

Fonte: Pesquisa do autor

Alguns estudantes manifestaram perplexidade com relação ao uso de sequências “*Resgate-Questão-Exposição*”, como mostra o Quadro 6.5. Estas manifestações levaram à realização de outro experimento, que avaliasse as vantagens desta abordagem.

Esta pesquisa é apresentada na seção a seguir.

6.1.3 Caso II – Aprendizagem “Questão Exposição” X “Exposição Questão”

A pesquisa de opinião realizada na pesquisa relatada na seção 6.1.2 apresentou algumas manifestações contrárias (ver Quadro 6.5, acima) ao método de aprendizagem indutiva²⁸ utilizado (*Resgate-Questão-Exposição*). O objetivo desta pesquisa foi avaliar de a adoção de um método de aprendizagem dedutiva seria mais eficaz. Para isto, foi criada uma versão dedutiva do objeto de aprendizagem, que apresentou as mesmas proposições da versão original segundo uma sequência diferente:

1. *Resgate*; 2. *Exposição*; 3. *Questão*.

O caso II foi realizado no primeiro semestre de 2013, envolveu 71 estudantes divididos aleatoriamente em dois grupos:

²⁸ A expressão “*Ensino e Aprendizagem Indutivos*” é utilizada por Felder e Prince (2006) para se referir a processos de aprendizagem por descoberta, nos quais o ponto de partida é um conjunto de observações ou dados experimentais que devem ser interpretado, um caso de estudo que deve ser analisado ou um problema que deve ser resolvido. É um conceito similar ao conceito de “*aprendizagem ativa*” apresentado posteriormente por Felder e Brent (2009): “Active learning is anything course-related that all students in a class session are called upon to do other than simply watching, listening and taking notes.”

- **Grupo IND:** utilizou a versão indutiva do objeto de aprendizagem, que utiliza ciclos *resgate-questão-exposição*;
- **Grupo DED:** utilizou uma versão dedutiva especialmente adaptada para este estudo de caso, que utiliza ciclos *resgate-exposição-questão*.

O objetivo deste estudo de caso foi verificar as diferenças de desempenho associadas a cada alternativa.

Os dois grupos foram dispensados da aula expositiva. Comunicou-se que haveria um teste presencial de conhecimentos na aula subsequente.

A análise de resultados se concentrou no grupo de interesse, dos estudantes com desempenho médio de curso inferior a 75% (n=40).

A Tabela 6.7 apresenta os resultados obtidos no teste presencial, realizado na semana seguinte ao acesso ao Objeto de Aprendizagem. Observa-se que os estudantes que utilizaram a versão indutiva do objeto de aprendizagem (IND) obtiveram uma nota média superior à nota média obtida pelos estudantes que utilizaram a versão dedutiva (DED) do objeto (*effect size* de 0.33).

Tabela 6.7 - Resultados obtidos no teste presencial de conhecimentos

	IND	DED
Média	7,2	6,4
Desvio Padrão	2,5	2,6

Fonte: Pesquisa do autor

Por outro lado, os resultados mostrados na Tabela 6.8 a seguir mostram um efeito contrário quando se comparam os resultados da avaliação das questões inseridas no OA: desempenho médio dos estudantes do grupo IND foi inferior ao dos estudantes do grupo DED (*effect size* de -0,65).

Tabela 6.8 - Resultados obtidos nas questões propostas pelo Objeto de Aprendizagem

	IND	DED
Média	6,2	8,1
Desvio Padrão	3,2	2,8

Fonte: Pesquisa do autor.

Embora aparentemente contraditórios, os resultados encontrados são coerentes com algumas hipóteses e premissas utilizadas no desenvolvimento da metodologia PBTA. Primeiramente, é natural que o desempenho dos estudantes que responderam as questões imediatamente após a exposição de conceitos e algoritmos seja superior ao desempenho daqueles que respondem às questões antes desta exposição, pois a resolução de questões a partir de um processo de descoberta de soluções baseada em conceitos similares é uma tarefa mais complexa do que a resolução de questões baseada em conceitos e métodos previamente apresentados ao estudante.

Existe uma relação positiva entre a complexidade das tarefas e a profundidade da abordagem para a aprendizagem (BAETEN et al., 2010; KYNDT et al., 2011). Isto é, a complexidade relacionada à resolução de questões por similaridade de conceitos exige que o estudante realize operações cognitivas ativas associadas à aprendizagem significativa tais como análise das similaridades e resolução das contradições existentes entre os aspectos relevantes de sua estrutura cognitiva e as novas proposições (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980), o que justifica o melhor desempenho do grupo IND no teste de conhecimentos.

Em outras palavras, as questões inseridas nas sequências *Resgate-Questão-Exposição* possuem um objetivo motivacional razão pela qual os resultados apresentados na Tabela 6.8 não podem ser utilizados como parâmetro de avaliação de conhecimento.

Por outro lado, os resultados mostrados na Tabela 6.7 referem-se a testes de conhecimento, e sinalizam uma maior eficácia do método por descoberta guiada (*Resgate-Questão-Exposição*).

A motivação através da atribuição de nota para as questões inseridas em sequências *Resgate-Questão-Exposição* pode gerar descontentamento de alguns estudantes que não estejam acostumados com desafios mais complexos (estudantes dos semestres iniciais). Nestes casos, é possível utilizar a atribuição de “Pontos Extras” como fator motivacional.

Estudos realizados posteriormente (CANTO et al., 2014b) mostraram que a atribuição pontos extras para estudantes que resolvam questões e tenham acesso a vídeos produzidos por estudantes têm um desempenho melhor do que aqueles que apenas assistem às aulas. A pesquisa apresentada nesta seção sinaliza que o estímulo para a aprendizagem por descoberta guiada (apresentação de questões antes dos conceitos) é um fator adicional de melhoria no processo de aprendizagem.

No capítulo a seguir serão apresentadas as conclusões e trabalhos futuros.

7 CONCLUSÃO

A presente tese de doutorado teve como objetivo responder as questões de pesquisa apresentadas no Quadro 7.1.

Quadro 7.1 - Questão de Pesquisa

É possível utilizar Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) para reduzir a evasão dos cursos de engenharia, sem redução de qualidade, sem incremento de horas docentes trabalhadas e sem aumentar o espaço físico necessário?

Neste contexto:

Quais os princípios de projeto e de utilização de Objetos de Aprendizagem (OAs) que devem ser adotados com vistas a melhorar a eficácia e a eficiência dos processos de ensino e aprendizagem?

É possível utilizar Objetos de Aprendizagem com o objetivo de alterar os hábitos de estudos, estimulando uma atitude autônoma, voltada para a aprendizagem significativa?

Para responder à questão de pesquisa, foi criado um sistema de Modelagem de Trajetórias de Aprendizagem Conceitual (MOTRAC) e uma metodologia de projeto de objetos de aprendizagem denominada *PBTA- Projeto Baseado em Trajetórias de Aprendizagem* cujos objetivos são:

1. produzir Objetos de Aprendizagem que ofereçam uma alternativa de trajetória de aprendizagem significativa, capaz de conectar pontos de partida (conceitos previamente conhecidos) a pontos de chegada (Objetivos Educacionais);
2. obter ganhos de eficácia (maior percentual de estudantes que alcançam objetivos educacionais);
3. ganhar eficiência, isto é reduzir a relação

$$\frac{\text{Recursos Demandados}}{\text{Número de Estudantes}}$$

Na seção a seguir serão apresentadas as conclusões sobre os aspectos da questão de pesquisa relacionados à eficácia educacional.

7.1 Contexto de Uso – Eficácia

Para avaliar a eficácia da metodologia de Projeto Baseado em Trajetórias de Aprendizagem, esta metodologia foi utilizada no desenvolvimento de um objeto de aprendizagem que aborda o conteúdo de uma aula expositiva de duas horas.

Este OA foi utilizado em experimentos (apresentados no capítulo 6) que compararam os processos tradicionalmente utilizados no ensino e de engenharia com a aprendizagem

suportada por objetos de aprendizagem autônoma. Constatou-se que os estudantes que aprenderam utilizando o Objeto de Aprendizagem tiveram um desempenho melhor do que os estudantes do grupo de controle (que aprenderam na forma tradicional), indicando o potencial da metodologia proposta no que diz respeito a ganho de qualidade e consequente redução de índices de reprovação, retenção e evasão.

Os estudos realizados constataram a falta de motivação intrínseca dos estudantes com maior probabilidade de evasão (estudantes com nota média de curso abaixo de 75%), que demonstraram falta de interesse em frequentar as aulas ou acessar o objeto de aprendizagem. Estes índices de frequência aumentaram substancialmente quando se atribuiu nota às tarefas propostas. Isto é, constatou-se que além de uma metodologia capaz de desenvolver objetos de aprendizagem com potencial significativo, faz-se também necessária a adoção de práticas motivacionais, que estimulem o estudante a executá-los.

O uso de tecnologia para apresentação de questões que pontuem no sistema de avaliação da disciplina é uma alternativa tecnológica para criação de um sistema de avaliação continuada que não onera o docente com horas adicionais alocadas para correção. Além de estimular o estudante para a realização das atividades cognitivas relacionadas à aprendizagem significativa, esta prática também pode ser utilizada para transformar o hábito de “estudo para prova” num hábito de “estudo diário”. O “Estudo Diário” afeta diretamente o processo de aprendizagem significativa, pois o estudante inicia cada aula com um conjunto de conceitos subsunçores de melhor qualidade, nos quais são ancoradas as novas proposições apresentadas.

Resumindo, as pesquisas realizadas indicam que a metodologia proposta possui um potencial aumento de eficácia educacional, apresentando resultados compatíveis com os fundamentos epistemológicos que deram origem a este trabalho: Teoria da aprendizagem significativa (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980), a Teoria da Carga Cognitiva (PAAS; RENKL; SWELLER, 2003) e a Teoria da Autodeterminação (GAGNÉ; DECI, 2005; VANSTEENKISTE; LENS; DECI, 2006).

7.2 Contexto de Uso – Eficiência

Nem sempre propostas metodológicas que possuem impacto qualitativo positivo (eficácia educacional) são viáveis economicamente. Um exemplo típico é a tutoria individual que, apesar de ser capaz de obter resultados até dois sigmas superiores a aulas expositivas tradicionais ministradas para turmas com trinta estudantes (BLOOM, 1984), raramente é utilizada devido ao seu elevado custo. O baixo custo dos processos de aprendizagem por

recepção que ocorre em aulas expositivas ministradas para um grande número de estudantes é o motivo pelo qual esta prática é amplamente utilizada em diversas instituições de ensino.

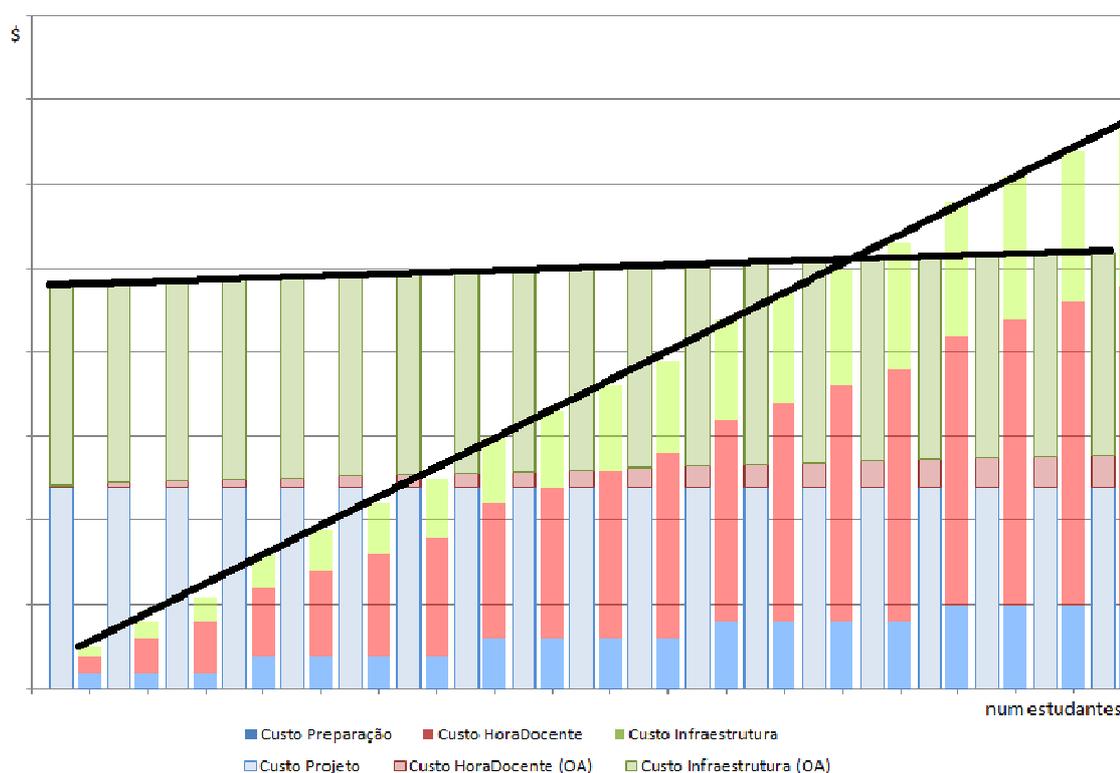
O Quadro 7.2 apresenta o *Princípio da Escala de Utilização*, que expressa o fato de que a viabilidade econômica de objetos de aprendizagem depende do número de estudantes usuários.

Quadro 7.2 - Princípio da escala de utilização

A eficiência²⁹ dos Objetos de Aprendizagem depende da Escala de Utilização.

Isto é, o desenvolvimento de um OA para atender a um único estudante não é economicamente viável: uma aula particular demandará menos recursos e terá resultados melhores. No entanto, os objetos de aprendizagem autônoma são uma alternativa mais eficaz e mais eficiente do que aulas expositivas ministradas para um grande número de turmas, cada turma com um grande número de estudantes³⁰.

Figura 7.1 - Objetos de Aprendizagem X Ensino Presencial



FONTE: Elaborado pelo Autor.

²⁹ Eficiência econômica: \$/estudante

³⁰ Grande número de estudantes: quando o número de alunos é tal que a maioria dos estudantes fica a maior parte do tempo assistindo a aula de forma passiva.

A Figura 7.1 apresenta os custos/investimentos em objetos de aprendizagem autônoma comparativamente ao ensino presencial. No eixo horizontal é apresentado o número de estudantes e no eixo vertical o valor de custo/investimento.

No ensino presencial existe uma forte componente de custo variável, pois o número de turmas, número de salas e as horas docentes são diretamente proporcionais ao número de estudantes.

No ensino a distância suportado por objetos de aprendizagem autônoma existe uma forte componente de custo fixo, correspondente à infraestrutura e número de horas necessárias para o desenvolvimento dos objetos de aprendizagem; por outro lado, a componente de custo variável é pouco relevante porque não existe uma relação direta entre os custos e o número de estudantes que acessa ao OA.

A Figura 7.1 ilustra esta diferença na forma de duas retas:

1. a reta com maior custo inicial e menor inclinação representa os custos de OAs em função do número de alunos;
2. a reta com menor custo inicial e maior inclinação representa os custos do ensino tradicional em função do número de alunos.

O ponto em que estas retas se cruzam representa o número de alunos em que os custos de ambas alternativas se igualam: a partir deste número de estudantes o uso de OAs possui vantagens econômicas relativamente ao ensino tradicional.

Este ponto de equilíbrio depende de diversos fatores, entre eles destaca-se o custo de desenvolvimento de Objetos de Aprendizagem: a medida que se desenvolvam ferramentas de produtividade que facilitem o projeto de Objetos de Aprendizagem, os custos iniciais de desenvolvimento irão se aproximar dos custos iniciais de preparação das aulas expositivas, alterando o ponto de equilíbrio (número de estudantes) a partir do qual os objetos de aprendizagem são economicamente vantajosos.

7.3 Princípios de Projeto

As pesquisas realizadas utilizaram diversos princípios de projeto propostos na literatura. Adicionalmente, foram propostos os seguintes princípios de projeto:

1. **Princípio dos Subsunoçores:** O objetivo primordial de qualquer objeto de aprendizagem é a aprendizagem significativa, isto é, o objetivo de qualquer OA é o estabelecimento de relações não arbitrárias e substantivas entre os novos conhecimentos e a estrutura cognitiva do estudante.

2. **Princípio do Ajuste de Ritmo:** Objetos de Aprendizagem são mais eficazes quando permitem que o estudante ajuste o ritmo de execução ao seu ritmo de aprendizagem.
3. **Princípio dos Objetivos Parciais:** Objetivos educacionais subdivididos em objetivos parciais proporcionam maior velocidade de desenvolvimento, maiores possibilidades de reutilização e reduzem os riscos de sobrecarga cognitiva.
4. **Princípio da Dimensão Afetiva:** Objetos de Aprendizagem desenvolvidos e utilizados dentro de uma perspectiva afetiva adequada são mais eficazes do que aqueles que não o são.
5. **Princípio do Protagonismo:** Alternativas em que o estudante seja o protagonista do processo de aprendizagem atingem um grupo mais abrangente do que aquelas baseadas apenas em aprendizagem por recepção.
6. **Princípio da escala de utilização:** A eficiência dos Objetos de Aprendizagem depende da Escala de Utilização.

O *Modelo de Trajetórias de Aprendizagem Conceitual* é fundamentado no *Princípio dos Subsúnceres*, e apresenta de forma gráfica o processo de relacionamento progressivo entre os conceitos subsúnceres e novos elementos de informação.

A metodologia de *Projeto Baseado em Trajetórias de Aprendizagem* utiliza *Modelos de Trajetória de Aprendizagem Conceitual* para especificar objetos de aprendizagem nos quais todas as proposições novas estejam ancoradas em conceitos subsúnceres. Além do *Princípio dos Subsúnceres*, todos os demais princípios propostos acima são estão incorporados na metodologia PBTA.

7.4 Hábitos de Estudo

As pesquisas realizadas mostraram que os estudantes com pior desempenho possuem índices de frequência substantivamente inferior aos demais. Também foi evidenciado que existe uma motivação “por nota” que pode ser explorada com o objetivo de modificar os índices de frequência e hábitos de estudo. O uso de Objetos de Aprendizagem Autônoma que utilizam sequências do tipo “*Resgate-Questão-Exibição*” associadas à atribuição de “Pontos Extras” mostrou-se uma alternativa capaz de:

1. motivar os estudantes a estudar diariamente, levando-os a iniciar cada aula com os conceitos da aula precedente consolidados e, conseqüentemente, com uma

estrutura de conceitos subsunçores mais favorável para o aprendizado significativo;

2. introduzir um processo de aprendizagem por descoberta guiada baseada em questões, que induz o estudante à aprendizagem significativa³¹;
3. estimular uma atitude autônoma de aprendizagem, preparando o estudante para uma condição profissional em que ele deverá ser capaz de aprender sem o suporte de um docente.

7.5 Trabalhos Futuros

A questão central da pesquisa apresentada foi a identificação de alternativas tecnológicas para o atendimento de um número maior de estudantes de engenharia, mantendo padrões de qualidade sem acréscimo de horas docentes ou espaço físico.

Foram realizados experimentos investigações experimentais cujos resultados são indicativos de que, dentro de determinadas circunstâncias, os Objetos de Aprendizagem (OAs) desenvolvidos com a metodologia PBTA podem ser mais eficientes e eficazes do que os processos tradicionalmente utilizados no ensino e aprendizagem na engenharia.

No entanto, qualquer tentativa de associar o processo de aprendizagem a um único fator seria uma abordagem reducionista, razão pela qual não é possível fazer quaisquer generalizações, especialmente porque as pesquisas experimentais se referem a um escopo bastante específico em termos de curso, região, tema, faixa etária, gênero, etc.

Como trabalho futuro, propõe-se a pesquisa se os resultados obtidos quando se substitui uma única aula de duas horas se repetirão num contexto em que todas as aulas de uma disciplina ou curso sejam substituídas por OAs.

As pesquisas realizadas mostram que existe um forte componente motivacional nos processos de ensino e aprendizagem, havendo a necessidade de ampliar o escopo da metodologia.

Outra questão a ser contemplada no aperfeiçoamento da metodologia é a introdução de aspectos de aprendizagem social. Não obstante os estudos realizados tenham contemplado a “aprendizagem autônoma” de um tópico, o experimento foi um evento isolado num contexto de ensino e aprendizagem tradicional, onde os estudantes se conhecem e trocam informações

³¹ Caber ressaltar que as questões devem ser cuidadosamente elaboradas de forma a estimular a reflexão e o entendimento; questões mal elaboradas que avaliem apenas a memorização terão efeito contrário ao desejado, estimulando o estudante ao aprendizado mecânico.

entre si. A condição a ser investigada refere-se ao uso de tecnologia considerando objetos de aprendizagem autônoma associados ao uso de redes de interação social que proporcionem a riqueza da aprendizagem decorrente da interação entre os estudantes.

Embora a metodologia de projeto não esteja vinculada a qualquer tecnologia específica, faz-se necessária a identificação de alternativas que facilitem a implementação de objetos de aprendizagem multimídia multimodais por parte de profissionais não especialistas em tecnologia da informação. Isto porque a maioria dos profissionais de educação não possui este tipo de especialização, nem dispõe de equipes especializadas, capazes de implementar os seus projetos. Neste sentido, encontra-se em desenvolvimento um sistema de projeto assistido por computador (CAD) que tem por objetivo facilitar o projeto de objetos de aprendizagem desenvolvidos com a metodologia PBTA.

Também, contemplar no MOTRAC Objetos de Aprendizagem alternativos que contemplem o mesmo objetivos educacionais partindo de outros conceitos subsunçores. Outro trabalho futuro, também importante, seria o monitoramento do andamento das Trajetórias de Aprendizagem Individuais tanto pelo aluno quanto pelo professor.

Finalmente, cabe ressaltar a necessidade de identificação de um ambiente tecnológico que concilie facilidade de desenvolvimento multimídia multimodal interativo, portabilidade, baixo custo, durabilidade (baixa obsolescência tecnológica) e possibilidade de uso *standalone* ou remoto.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT; ISO. **9000--Sistemas de gestão da qualidade Associação Brasileira de Normas Técnicas**, 2005.

ABRIL. **Engenheiros estão em falta no mercado**. Disponível em:

<http://www.abril.com.br/noticia/estilo/no_297271.shtml>. Acesso em: 28 jul. 2014.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

BADDELEY, A. Working memory. **Current biology : CB**, v. 20, n. 4, p. R136–40, 23 fev. 2010.

BAETEN, M. et al. Using student-centred learning environments to stimulate deep approaches to learning: Factors encouraging or discouraging their effectiveness. **Educational Research Review**, v. 5, n. 3, p. 243–260, jan. 2010.

BARUQUE, L. B.; MELO, R. N. Learning theory and instruction design using learning objects. **Journal of Educational Multimedia and Hypermedia**, v. 13, n. 4, p. 343–370, 2004.

BIGGS, J. Enhancing learning: A matter of style or approach? In: STERNBERG, R. J.; ZHANG, L. (Eds.). **Perspectives on Thinking, Learning, and Cognitive Styles**. Mahwah: Routledge, 2001. p. 61–84.

BLOOM, B. S. The 2 sigma problem: The search for methods of group instruction as effective as one-to-one tutoring. **Educational researcher**, p. 4–16, 1984.

BLOOM, B. S.; KRATHWOHL, D. R. **Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals. Handbook I: Cognitive Domain**. New York: Longmans, 1956.

BRAARUD, P. Ø. Subjective task complexity and subjective workload: Criterion validity for complex team tasks. **International Journal of Cognitive Ergonomics**, v. 5, n. 3, p. 261–273, 2001.

BUTLER, K. A. **Estilos de aprendizagem: as dimensões psicológica, afetiva e cognitiva**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2003.

CAMPBELL, D. J. Task complexity: A review and analysis. **Academy of management review**, v. 13, n. 1, p. 40–52, 1988.

CANTO, A. B. DO et al. Evasão e retenção em cursos de engenharia. In: OLIVEIRA, V. F.; CHAMBERLAIN, Z. M. (Eds.). . **Desafios da educação em engenharia: vocação, formação, exercício profissional, experiências metodológicas e proposições**. 1. ed. Brasília: ABENGE, 2012. p. 167–205.

CANTO, A. B. DO et al. **TECNOLOGIA, DESCOBERTA E RECEPÇÃO—UM ESTUDO DE CASO** XLI CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA - COBENGE 2013. **Anais...** Gramado: 2013

CANTO, A. B. DO et al. PBTA - Projeto Baseado em Trajetórias de Aprendizagem. **RENOTE- Revista Novas Tecnologias na Educação, ISSN 1679-1916**, v. 12, n. 1, 2014a.

CANTO, A. B. DO et al. Vídeos, Questões e Desempenho: uma análise quantitativa em cursos de engenharia. **RENOTE- Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 12, n. 2, p. pdf, 2014b.

CANTO, A. B. DO; DE LIMA, J. V.; TAROUCO, L. Projeto e Uso de Objetos de Aprendizagem : Explorando as Dimensões Afetiva e Cognitiva. **Revista Iberoamericana de Educación en Tecnología y Tecnología**, v. 14, p. 7–17, 2014.

CANTO, A. B. DO; DE LIMA, J. V.; TAROUCO, L. M. R. Objetos de Aprendizagem Indutiva: Um Estudo de Caso. **Conferencias LACLO**, v. 4, n. 1, 2013.

CANTO, A. B. DO; SUSIN, A. A. **Liderança situacional aplicada ao ensino** Anais do XXXIV COBENGE. **Anais...** Passo Fundo: 2006

DUNN, R.; BEAUDRY, J. S.; KLAVAS, A. Survey of research on learning styles. **California Journal of Science Education**, v. 2, n. 2, p. 75–98, 2002.

EICHER, J. Making the message clear. **Santa Cruz, CA: Grinder, DeLozier, and Assoc**, 1987.

ENTWISTLE, N. et al. Conceptions, styles and approaches within higher education: analytic abstractions and everyday experience. In: **Perspectives on thinking, learning, and cognitive styles**. [s.l.] Lawrence Erlbaum Associates Mahwah, NJ, 2001. p. 103–136.

EXAME. **Falta de engenheiros preocupa setor industrial**. Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/brasil/noticias/falta-engenheiros-preocupa-setor-industrial-591079>>.

FELDER, R. M. **Learning and Teaching Styles in Engineering Education Author's preface -June 2002**.

FELDER, R. M.; BRENT, R. Understanding Student Differences. **Journal of engineering education**, v. 94, n. 1, p. 57–72, 2005.

FELDER, R. M.; BRENT, R. Active learning: An introduction. **ASQ Higher Education Brief**, v. 2, n. 4, p. 122–127, 2009.

FELDER, R. M.; SILVERMAN, L. K. Learning and teaching styles in engineering education. **Engineering education**, v. 78, n. 7, p. 674–681, 1988.

FLEMING, N.; BAUME, D. Learning Styles Again: VARKing up the right tree! **Educational Developments**, v. 7, n. 4, p. 4, 2006.

GAGNÉ, M.; DECI, E. L. Self-determination theory and work motivation. **Journal of Organizational behavior**, v. 26, n. 4, p. 331–362, 2005.

GRIMLEY, M.; RIDING, R. Individual differences and web-based learning. In: MOURLAS, C. et al. (Eds.). . **Cognitive and emotional processes in web-based education: Integrating human factors and personalization**. New York: Information Science Reference, 2009. p. 1–24.

HEIKKILÄ, A. et al. Interrelations among university students' approaches to learning, regulation of learning, and cognitive and attributional strategies: a person oriented approach. **Higher Education**, v. 61, n. 5, p. 513–529, 2011.

HERSEY, P.; BLANCHARD, K. H. **Management of organizational behavior: Utilizing human resources** . [s.l.] Prentice-Hall, Inc, 1993.

HONEY, P.; MUMFORD, A. **The learning styles helper's guide**. Maidenhead Berks: Peter Honey Maidenhead, Berkshire, 2000.

IG. **Falta de engenheiros aumenta importação de mão de obra**. Disponível em: <Ita de engenheiros aumenta importação de mão de obra. 2010. Disponível>. Acesso em: 1 ago. 2012.

IPEA. **Falta de engenheiros afeta inovação no país**. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=1635>. Acesso em: 1 ago. 2012.

KOLB, A. Y.; KOLB, D. A. Learning styles and learning spaces: Enhancing experiential learning in higher education. **Academy of management learning & education**, v. 4, n. 2, p. 193–212, 2005.

KOLB, A. Y.; KOLB, D. A. Experiential learning theory. In: **Encyclopedia of the Sciences of Learning**. Freiburg: Springer, 2012. p. 1215–1219.

KRATHWOHL, D. R. A revision of Bloom's taxonomy: An overview. **Theory into practice**, v. 41, n. 4, p. 212–218, 2002.

KYNDT, E. et al. The direct and indirect effect of motivation for learning on students' approaches to learning through the perceptions of workload and task complexity. **Higher Education Research & Development**, v. 30, n. 2, p. 135–150, 2011.

LABURÚ, C. E.; BARROS, M. A.; SILVA, O. H. M. Multimodos e múltiplas Representações, aprendizagem significativa e subjetividade: três referenciais conciliáveis da educação científica. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 17, n. 2, p. 469–487, 2011.

LEVEK, A. R. H. C.; MALSCHITZKY, N. Liderança. In: **Gestão do Capital Humano**. Curitiba: Gazeta do Povo, 2002. p. 80.

LODER, L. L. **ENGENHEIRO EM FORMAÇÃO O sujeito da aprendizagem e a construção do conhecimento em engenharia elétrica ENGENHEIRO EM FORMAÇÃO O sujeito da aprendizagem e a construção do conhecimento em engenharia elétrica**. [s.l.] Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009.

MANGOS, P. M.; STEELE-JOHNSON, D. The Role of Subjective Task Complexity in Goal Orientation, Self-Efficacy, and Performance Relations. **Human Performance**, v. 14, n. 2, p. 169–185, abr. 2001.

MARTON, F.; HOUNSELL, D.; ENTWISTLE, N. J. **The experience of learning: Implications for teaching and studying in higher education**. 2nd. ed. Edinburgh: Scottish Academic Press, 1997.

MAYER, R. E. Applying the science of learning: evidence-based principles for the design of multimedia instruction. **The American psychologist**, v. 63, n. 8, p. 760–769, 2008.

MEC / SESU / DIFES. **Reuni 2008 – Relatório de Primeiro Ano**, 2009. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=2069>

MORENO, R.; MAYER, R. Interactive Multimodal Learning Environments. **Educational Psychology Review**, v. 19, n. 3, p. 309–326, 22 jun. 2007.

PAAS, F.; RENKL, A.; SWELLER, J. Cognitive Load Theory and Instructional Design: Recent Developments. **Educational Psychologist**, v. 38, n. 1, p. 1–4, mar. 2003.

PARRISH, P. E. The trouble with learning objects. **Educational Technology Research and Development**, v. 52, n. 1, p. 49–67, mar. 2004.

PARSONS, H. M. et al. What Happened at Hawthorne ? v. 183, n. 1972, 1973.

PRINCE, M. J.; FELDER, R. M. Inductive teaching and learning methods: Definitions, comparisons, and research bases. **Journal of engineering education**, v. 95, n. 2, p. 123–138, 2006.

RICHARDSON, J. T. E. Students' Approaches to Learning and Teachers' Approaches to Teaching in Higher Education. **Educational Psychology**, v. 25, n. 6, p. 673–680, dez. 2005.

RIDING, R.; CHEEMA, I. Cognitive styles—an overview and integration. **Educational psychology**, v. 11, n. 3-4, p. 193–215, 1991.

RUST, C. The impact of assessment on student learning how can the research literature practically help to inform the development of departmental assessment strategies and learner-centred assessment practices? **Active learning in higher education**, v. 3, n. 2, p. 145–158, 2002.

RYAN, R. M.; DECI, E. L. Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. **American psychologist**, v. 55, n. 1, p. 68, 2000.

SCORM Users Guide for Instructional Designers. Disponível em:

<http://www.adlnet.org/wp-content/uploads/2011/12/SCORM_Users_Guide_for_ISDs.pdf>.

Acesso em: 20 maio. 2005.

SKINNER, B. Science and human behavior. **The BF Skinner Foundation**, 2005.

SUNG, E.; MAYER, R. E. When graphics improve liking but not learning from online lessons. **Computers in Human Behavior**, v. 28, n. 5, p. 1618–1625, set. 2012.

SWELLER, J. Cognitive load during problem solving: Effects on learning. **Cognitive Science**, v. 12, n. 2, p. 257–285, jun. 1988.

VAN MERRIËNBOER, J. J. G.; SWELLER, J. Cognitive load theory in health professional education: design principles and strategies. **Medical education**, v. 44, n. 1, p. 85–93, jan. 2010.

VANSTEENKISTE, M.; LENS, W.; DECI, E. L. Intrinsic Versus Extrinsic Goal Contents in Self-Determination Theory: Another Look at the Quality of Academic Motivation. **Educational Psychologist**, v. 41, n. 1, p. 19–31, mar. 2006.

VEJA. A reconstrução de uma carreira. Disponível em:

<<http://veja.abril.com.br/111109/reconstrucao-uma-carreira-p-174.shtml>>. Acesso em: 1 ago. 2012.