



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO

Shirley Guimarães Pimenta

**A RELAÇÃO ENTRE INFORMAÇÃO E A ESTRUTURA DE
CONHECIMENTO NA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS:
ESTUDO EXPERIMENTAL**

Brasília - DF

2013



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO

Shirley Guimarães Pimenta

A relação entre informação e a estrutura de conhecimento
na resolução de problemas:
estudo experimental

Tese apresentada como requisito para obtenção do grau de doutora no curso de Pós-Graduação em Ciência da Informação da Faculdade de Ciência da Informação da Universidade de Brasília.

Orientadora: Professora Doutora Sely Maria da Souza Costa
Coorientadora: Professora Doutora Goiara Mendonça de Castilho

Brasília – DF

2013

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade de
Brasília. Acervo 1013497.

P644r Pimenta, Shirley Guimarães.
A relação entre informação e a estrutura de conhecimento
na resolução de problemas : estudo experimental / Shirley
Guimarães Pimenta. -- 2013.
229 f. : il. ; 30 cm.

Tese (doutorado) - Universidade de Brasília, Faculdade
de Ciência da Informação, Programa de Pós-Graduação em
Ciência da Informação, 2013.

Inclui bibliografia.

Orientação: Sely Maria de Souza Costa ; Coorientação:
Goiana Mendonça de Castilho.

1. Comportamento informacional. 2. Solução de problemas.
3. Abordagem interdisciplinar do conhecimento. I. Costa,
Sely Maria de Souza. II. Castilho, Goiana Mendonça de.
III. Título.

CDU 02:37

BANCA EXAMINADORA

Profa. Sely Maria de Souza Costa – PhD – Presidente
Universidade de Brasília

Prof. José Guilherme de Oliveira Brockington – PhD – Membro Externo
Universidade de São Paulo

Prof. Timothy Martin Mulholland – PhD – Membro Externo
Universidade de Brasília

Profa. Kelley Cristine Gonçalves Dias Gasque – PhD – Membro Interno
Universidade de Brasília

Prof. Roberto Campos da Rocha Miranda – PhD – Membro Externo
Universidade de Brasília

Profa. Lillian Maria Araújo de Rezende Alveres – PhD – Suplente
Universidade de Brasília

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, na forma como Nele creio, minha fonte de energia e entusiasmo.

Agradeço à minha mãe, Dona Francisca, e às minhas filhas, Gabriela e Marcela, pelo amor, apoio, paciência, carinho, estímulo, encorajamento, e tudo o mais que cabe nos seus corações generosos. Que eu possa retribuir e aprender com vocês! Foram horas, dias, meses, anos, e aqui estamos!

Agradeço ao meu pai, Senhor Arnaldo, que me estimulou a curiosidade e a busca pelas respostas por meu próprio esforço. Isso, de um modo ou outro, resultou na autoconfiança de que sou capaz de encontrá-las.

Agradeço à Sely, minha orientadora, amiga, mentora, inspiradora, parceira. Guerreira! Obrigada pelo apoio, pela exigência, por acreditar em mim, por abrir portas e janelas, me mostrar novos horizontes e me ajudar a preparar as asas para voar até eles.

Agradeço à Goiara, minha co-orientadora, pela generosa disposição em colaborar na aventura sem volta de aprender, construir conhecimento, expandir os horizontes, explorar o desconhecido.

Agradeço aos meus irmãos e respectivas famílias cujo suporte muito me ajudou a aliviar a carga em momentos difíceis e cheios de dúvidas.

Agradeço à Adriana Marins, Patrícia e Higor Bertin, pelo apoio sem par na nossa aventura por terras estrangeiras.

Agradeço ao Francisco pela confiança, compreensão, parceria na realização de várias etapas que culminaram com no presente trabalho, e ao Caíque e à Ana Soares. Sem o apoio de vocês, boa parte da minha aventura não teria sido possível.

Por fim, mas não menos importante, agradeço do fundo do meu coração minhas amigas queridas. Que privilégio é tê-las ao meu lado, cada uma a seu modo, nessa jornada! Atenção para a chamada em ordem alfabética: Alessandra Pessoa, Lúcia (Mary Anne), Rosimeire Tavares, Sandra (Shandinha) e Vlória Pavlovna!

*Toda conquista, todo passo articulado
no domínio do conhecimento
é consequência direta da coragem,
da autocracia implacável e
da intransigência pessoal.*

Friedrich Nietzsche

RESUMO – Discute a interação usuário-texto no contexto da resolução de problemas, adotando abordagem interdisciplinar com contribuições vindas do ponto de vista cognitivo na Ciência da Informação e do processamento da informação na Psicologia Cognitiva. O objetivo geral é verificar o efeito da interação do solucionador com o enunciado sobre o tempo utilizado e o escore alcançado na resolução de problemas. Com fundamento na literatura referenciada, é proposto modelo conceitual que, enfatizando a relação entre os conceitos estudados, proporciona base para a formulação e verificação de seis hipóteses de trabalho, verificadas por meio do método experimental, recomendado para estudos de relações de causa e efeito. O contexto da verificação é a Física e a situação é a resolução de problemas de Física. O estudo requereu a manipulação de duas variáveis independentes: o nível de *expertise* do solucionador e da extensão do enunciado do problema. Essas, por sua vez, são consideradas em dois níveis, o primeiro, os solucionadores novatos e *experts*, e o segundo, enunciados curtos e longos, respectivamente. O efeito dessa manipulação é mensurado em duas variáveis dependentes: o tempo utilizado e o escore alcançado na resolução do problema. São realizados dois experimentos em que se verifica a influência das variáveis independentes na presença e na ausência de interação do solucionador com o enunciado durante a resolução de dois problemas por cada participante. Os dados, tratados estatisticamente, por meio da execução de Análise de Variância e testes *t* relacionado e independente. No Experimento 1, é verificado que na presença da interação do solucionador com o enunciado, o nível de *expertise* influencia o escore alcançado e a extensão do enunciado influencia o tempo utilizado e o escore alcançado. No entanto, não é observada interação entre as duas variáveis. No Experimento 2, os resultados indicam que na ausência da interação do solucionador com o enunciado, o nível de *expertise* não influencia o tempo utilizado e o escore alcançado por ambos os grupos. Por outro lado, a extensão do enunciado influencia o tempo utilizado e o escore alcançado. Além disso, é observada interação entre as variáveis independentes sobre o escore alcançado. As conclusões são no sentido de que a interação do usuário-texto desempenha papel primordial no processo de resolução de problemas, produzindo efeito sobre o tempo utilizado e o escore alcançado na resolução do problema. Os achados trazem contribuições de natureza teórico-conceitual, de emprego de método experimento utilizado em menor escala na Ciência da Informação e de reforço à natureza interdisciplinar dessa Ciência. Recomendações para estudos futuros são no sentido de aplicar o modelo conceitual proposto em outros contextos tais como o de tomada de decisão.

Palavras-chave: Interdisciplinar. Ponto de vista cognitivo. Informação. Texto. Estrutura de conhecimento. Novatos. Experts. Resolução de problema. Enunciado do problema.

ABSTRACT - It is discussed the interaction user-text in the context of problem solving. Such intent requested the adoption of an interdisciplinary approach with contributions taken from the cognitive viewpoint in Information Science and information processing in Cognitive Psychology. The main aim is to verify the effect of the interaction between the solver and the problem statement over the time spent and the score achieved in solving the problems. It is proposed a conceptual model based on the literature referenced and with which is emphasised the relationship amongst relevant concepts to this study. The conceptual model also provides a basis for formulating and testing six working hypothesis which are verified by means of experimental method, recommended for studies of cause and effect like this one. The context of verification is physics and the chosen situation is the problem solving in physics. The study required the manipulation of two independent variables: the solver level of *expertise* and the problem statement length. Such variables are considered at two levels: novices and *experts* solvers and short and long problem statements respectively. The effect of these manipulations is measured on the two dependent variables: the time spent on solving the problem and the score achieved. Two experiments were conducted with the purpose of measuring the influence of the independent variables taking into consideration the presence and the absence of interaction solver-statement. Data were statistically examined by means of the analysis of variance and the related and independent t tests. In the Experiment 1, findings indicated that the level of *expertise* influences the score achieved and the problem statement length influences the time spent and the score achieved. Nevertheless, there was no interaction between the level of *expertise* and the problem statement length in the presence of interaction solver-problem statement. In the Experiment 2, findings indicated that the level of *expertise* did not influence the time spent and the scores achieved by both groups. Moreover, the problem statement length influences the time spent and the score achieved. Beyond that, there is an interaction between the independent variables on the score achieved in the absence of interaction solver-problem statement. The findings are in the sense that the interaction user-text plays a relevant role in the problem solving process with effect on the time spent and on the score achieved in such process. The results bring theoretical-conceptual contributions at the same time that highlight the employment of experimental method employed a smaller scale in Information Science and reinforce the interdisciplinary nature of this science. Recommendations for future studies are in order to apply the proposed conceptual model in other contexts such as decision-making.

Key words: Interdisciplinary. Cognitive viewpoint. Information. Text. Knowledge structure. Novices. Experts. Problem solving. Problem statement.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

	Página
Ilustração 1 - Disciplinas científicas que influenciam a Ciência da Informação.	30
Ilustração 2 - Modelo de estruturas de conhecimento de processamento dual - natureza da <i>expertise</i>	78
Ilustração 3 - Torre de Hanói com três discos.	86
Ilustração 4 - Modelo conceitual.	152
Ilustração 5 - Etapas do procedimento comum para coleta de dados nos Experimentos 1 e 2.	164
Ilustração 6 - Etapas do procedimento para coleta de dados do Experimento 1.	164
Ilustração 7 - Representação do método de mensuração do tempo utilizado na resolução dos problemas no Experimento 1.	165
Ilustração 8 - Etapas do procedimento para coleta de dados no Experimento 2.	174
Ilustração 9 - Representação do método de mensuração do tempo utilizado na resolução dos problemas no Experimento 2.	175

LISTA DE QUADROS

	Página
QUADRO 1 – Ilustração do objetivo geral.....	154
QUADRO 2 – Ilustração do objetivo específico – Experimento 1	155
QUADRO 3 – Cômputo da pontuação atingida em cada problema.....	165
QUADRO 4 – Ilustração do objetivo específico – Experimento 2	167

LISTA DE GRÁFICOS

	Página
GRÁFICO 1 – Efeito principal do nível de <i>expertise</i> sobre o tempo utilizado no Experimento 1	177
GRÁFICO 2 – Efeito principal do nível de <i>expertise</i> sobre o escore alcançado no Experimento 1	177
GRÁFICO 3 – Efeito principal da extensão do enunciado sobre o tempo utilizado no Experimento 1	178
GRÁFICO 4 – Efeito principal da extensão do enunciado sobre o escore alcançado no Experimento 1	179
GRÁFICO 5 – Interação do nível de <i>expertise</i> com a extensão do enunciado sobre o tempo utilizado no Experimento 1	179
GRÁFICO 6 – Interação do nível de <i>expertise</i> com a extensão do enunciado sobre o escore alcançado no Experimento 1	180
GRÁFICO 7 – Efeito principal do nível de <i>expertise</i> sobre o tempo utilizado no Experimento 2	181
GRÁFICO 8 – Efeito principal do nível de <i>expertise</i> sobre o escore alcançado no Experimento 2	182
GRÁFICO 9 – Efeito principal da extensão do enunciado sobre o tempo utilizado no Experimento 2	183
GRÁFICO 10 – Efeito principal da extensão do enunciado sobre o escore alcançado no Experimento 2	183
GRÁFICO 11 – Interação do nível de <i>expertise</i> com a extensão do enunciado sobre o tempo utilizado no Experimento 2	184
GRÁFICO 12 – Interação do nível de <i>expertise</i> com a extensão do enunciado sobre o escore alcançado no Experimento 2	185
GRÁFICO 13 – Comparação entre os resultados do tempo utilizado nos Experimentos 1 e 2.....	187

GRÁFICO 14 – Comparação entre os resultados do escore alcançado nos Experimentos 1 e 2.....	187
GRÁFICO 15 – Comparação entre os resultados do efeito principal do nível de <i>expertise</i> sobre o tempo utilizado nos Experimentos 1 e 2.....	188
GRÁFICO 16 – Comparação entre os resultados do efeito principal do nível de <i>expertise</i> sobre o escore alcançado nos Experimentos 1 e 2.....	189
GRÁFICO 17 – Comparação entre os resultados do efeito principal da extensão do enunciado sobre o tempo utilizado nos Experimentos 1 e 2.....	189
GRÁFICO 18 – Comparação entre os resultados do efeito principal da extensão do enunciado sobre o escore alcançado nos Experimentos 1 e 2.....	190

SUMÁRIO

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO	14
1.1 VISÃO GERAL	14
1.2 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA	16
1.3 OBJETIVOS	20
1.4 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA DO ESTUDO	21
CAPÍTULO II - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	23
2.1 PARADIGMA COGNITIVO	24
2.2 INTERDISCIPLINARIDADE NA CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO	29
2.3 INFORMAÇÃO	32
2.4 ESTRUTURA DE CONHECIMENTO	60
2.5 RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS	83
2.6 INFLUÊNCIA DAS PRINCIPAIS VARIÁVEIS DO ESTUDO	110
CAPÍTULO III - CONTEXTO DA PESQUISA	138
3.1 A RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS DE FÍSICA	138
3.2 INFLUÊNCIA DE EXPERTISE E DO FORMATO DE APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA NA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS DE FÍSICA	141
CAPÍTULO IV	149
MÉTODO DE PESQUISA	149
4.1 VISÃO GERAL DA PESQUISA	149
4.2 CONCEITOS, MODELO CONCEITUAL E DEFINIÇÕES OPERACIONAIS	151
4.3 DESENHO DE PESQUISA	153
CAPÍTULO V - ANÁLISE DOS DADOS	176
5.1 EXPERIMENTO 1 – A PRESENÇA DA INTERAÇÃO DO SOLUCIONADOR COM O ENUNCIADO	176
5.2 EXPERIMENTO 2 – A AUSÊNCIA DA INTERAÇÃO DO SOLUCIONADOR COM O ENUNCIADO	181
5.3 COMPARANDO AS MÉDIAS DO EXPERIMENTO 1 COM AS DO EXPERIMENTO 2 – PRESENÇA E AUSÊNCIA DA INTERAÇÃO DO SOLUCIONADOR COM O ENUNCIADO	186
CAPÍTULO VI - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	191
6.1 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DO EXPERIMENTO 1	191

6.2 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DO EXPERIMENTO 2	197
6.3 COMPARAÇÕES ENTRE EXPERIMENTOS 1 E 2: A IMPORTÂNCIA DA INTERAÇÃO COM ENUNCIADO	202
CAPÍTULO VII - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	204
7.1 CONCLUSÕES	204
7.2 CONTRIBUIÇÕES DO ESTUDO	206
7.3 DA ABORDAGEM DO PONTO DE VISTA COGNITIVO NA CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO AO PRESENTE ESTUDO	207
7.4 RECOMENDAÇÕES PARA ESTUDOS FUTUROS	208
REFERÊNCIAS	209
ANEXO – ANÁLISE DOS RESULTADOS DO PRÉ-TESTE	220
APÊNDICE A – TERMO DE LIVRE CONSENTIMENTO E ESCLARECIDO – TCLE	222
APÊNDICE B – PROBLEMA ENUNCIADO CURTO UTILIZADO NOS EXPERIMENTOS 1 E 2 – MODELO 1	224
APÊNDICE C – PROBLEMA ENUNCIADO LONGO UTILIZADO NOS EXPERIMENTOS 1 E 2 – MODELO 1	225
APÊNDICE D – PROBLEMA ENUNCIADO CURTO UTILIZADO NOS EXPERIMENTOS 1 E 2 – MODELO 2	226
APÊNDICE E – PROBLEMA ENUNCIADO LONGO UTILIZADO NOS EXPERIMENTOS 1 E 2 – MODELO 2	227
APÊNDICE F – FOLHA DE RESPOSTA UTILIZADA NO EXPERIMENTO 2	228

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

*There's a fire starting in my heart
Reaching a fever pitch and it's bringing me out the dark.
(Adele)*

1.1 Visão geral

A relação entre informação e estrutura de conhecimento no âmbito da Ciência da Informação é entendida sob a perspectiva de várias óticas. Por exemplo, numa delas informação é como aquilo que tem o poder de resolver um problema de conhecimento, i.e., um estado anômalo de conhecimento. De acordo com esse enfoque, os indivíduos, ao reconhecerem seu estado anômalo de conhecimento, sentem-se compelidos a buscar informação em fontes externas de modo a sanar essa condição (BELKIN; ODDY; BROOKS, 1982). Portanto, nessa ótica, informação está no ambiente externo, sendo aquilo que resolve o estado anômalo do conhecimento.

Outra perspectiva do entendimento da relação entre informação e estrutura de conhecimento parte do pressuposto de que a primeira é aquilo que transforma o estado atual de conhecimento do indivíduo em um estado de mente específico, i.e., um espaço problema, dentro do qual o receptor reconhece sua falta de conhecimento. Nesse contexto, o espaço problema é construído mentalmente e pode ser resolvido de dois modos: pelo processo do pensamento ou pela busca de informação no ambiente externo (INGWERSEN, 2002).

O presente trabalho parte dessa última perspectiva, elegendo alguns aspectos da interação usuário-texto para examiná-la. Isso porque essa interação, não obstante descrever atividade cotidiana comum à maioria das pessoas, é passível de estudos sistematizados que contribuam na compreensão no modo como seus elementos se relacionam e afetam o produto dessa interação. Tais produtos tanto podem ser a compreensão do próprio texto, como também uma decisão que se

toma ou um problema que se resolve com base no texto. Assim, o estudo adota abordagem em que tem destaque o discernimento e a diferenciação entre os conceitos de dado, informação, texto e estrutura de conhecimento. Também tem destaque as relações conceituais entre esses, com o consequente delineamento de estrutura onde esses elementos estão inter-relacionados e interdependem.

A interação usuário-texto é verificada sob a ótica da influência de duas características de dois desses elementos e da relação entre eles, tais sejam, a relação entre estrutura de conhecimento do usuário e a quantidade de dados ofertados no texto passíveis de serem transformados em informação. Características e relação são estudadas por intermédio da resolução de problemas, mais especificamente, a resolução de problemas de Física. Conforme se justificará posteriormente, a escolha dessa situação deve-se ao fato de que nela claramente são identificáveis os conceitos e a relação em questão, além de oferecer modo de mensurar os efeitos de manipulações dentre e entre esses conceitos. Porque os propósitos da pesquisa em curso referem-se a verificações de relação de causa e efeito, ou seja, como diferentes características afetam o resultado evidenciado, adotou-se o método experimental, uma vez que esse se mostrou como o mais adequado para estudos de fenômenos dessa natureza.

Os resultados da pesquisa contribuem na compreensão de alguns aspectos que governam a interação usuário-texto. Vislumbra-se que contribuição inicial é o entendimento das relações estabelecidas entre algumas características presentes no usuário e no texto e seus efeitos na interação de ambos. Em outras palavras, os resultados demonstram que o comportamento de uso da informação é influenciado por características do usuário e do texto. Outra contribuição tem a ver especificamente com o método de pesquisa, por ser esse pouco explorado nas pesquisas da Ciência da Informação, tal como em outras ciências sociais e humanas, exceção feita à Psicologia Experimental. Nesse sentido, espera-se contribuir, de uma forma inovadora, com um exemplo de emprego desse método no entendimento de conceitos e de relações, os quais são objeto do campo de pesquisa da Ciência da Informação. Por fim, embora essa pesquisa tenha os traços de uma pesquisa básica, da qual não são esperadas aplicações práticas diretas dos resultados obtidos, vislumbra-se potencial de utilização dos achados da pesquisa na

concepção de sistemas de gestão da informação e do conhecimento, na modelagem de material instrucional, entre outros.

1.2 Contextualização do problema de pesquisa

O objetivo com essa seção é contextualizar a situação problema do presente trabalho. O ponto inicial é a apresentação, sucintamente, dos três principais conceitos com os quais se lida e os quais estão relacionados no problema de pesquisa aqui investigado. Esses são, nomeadamente: informação, estrutura de conhecimento e resolução de problemas. A partir do breve discussão desses, identifica-se a interação usuário-texto como contexto dentro do qual examinar aspectos da relação entre esses conceitos, identificando-se, assim, o problema de pesquisa do presente estudo. Esses conceitos e as relações entre eles são analisados com suporte nas abordagens do ponto de vista cognitivo na Ciência da Informação e do processamento da informação na Psicologia Cognitiva. As justificativas para a adoção de ambas as abordagens e que resulta no desenvolvimento de perspectiva interdisciplinar nesse estudo são apresentadas no capítulo de referencial teórico.

A investigação em curso nasce dentro do ponto de vista cognitivo na Ciência da Informação, embora não se restrinja a ela. Quatro aspectos tratados na literatura que cobrem os estudos cognitivos na Ciência da Informação são de especial relevância para a presente pesquisa, servindo de premissas na proposição do problema de pesquisa. O primeiro desses aspectos são os processos cognitivos que ocorrem no gerador e receptor da informação no processo de comunicação (BELKIN, 1990; INGWERSEN, 2002). O segundo diz respeito ao discernimento entre os conceitos de dado, informação e conhecimento, ao mesmo tempo em que se apontam as relações inexoráveis entre eles (BELKIN, 1978; BROOKES, 1980; INGWERSEN, 2002). O terceiro aspecto é o realce conferido pela abordagem do ponto de vista cognitivo na Ciência da Informação à ideia de texto nos processos humanos de comunicação (BELKIN, 1978, 1990; INGWERSEN, 2002). Por fim, o quarto aspecto é a concepção de informação como o que transforma o estado de conhecimento em um estado específico, com a construção do respectivo espaço problema, o qual pode ser resolvido tanto pela busca de informação em ambiente

externo como pelo pensamento (INGWERSEN, 2002). Tais aspectos, assim como suas implicações, indicam o ponto de partida para o delineamento do estudo empírico aqui proposto.

Na abordagem do ponto de vista cognitivo, informação é entendida como parte da estrutura conceitual (BELKIN, 1978; BROOKES, 1980) ou estrutura de conhecimento (INGWERSEN, 2002) do indivíduo, dentro de um processo de comunicação que envolve, obviamente, gerador e receptor da informação. Sob a perspectiva do gerador, a informação é parte da estrutura conceitual modificada intencionalmente e transformada numa estrutura comunicável codificada com base na linguagem e transmitida com suporte, por exemplo, num texto escrito (BELKIN, 1978; INGWERSEN, 2002). Sob a ótica do receptor, ela é aquilo que quando percebido transforma o estado de conhecimento (INGWERSEN, 2002). A construção desse conceito tem a ver, direta e indiretamente, com noção basilar da abordagem do ponto de vista cognitivo, i.e., o processamento da informação. Esse, por sua vez, requer a mediação de um sistema de processamento constituído de categorias e conceitos, em que o *input* 'dado' é transformado em *output* 'informação' (DE MEY, 1992; BELKIN, 1990; INGWERSEN, 2002).

O sistema de categorias e conceitos necessário ao processamento da informação é aqui identificado como a estrutura de conhecimento o qual tem desempenho fundamental em atividades cognitivas com atenção, percepção, aprendizagem, memória, linguagem, resolução de problemas, raciocínio e pensamento (EYSENCK; KEANE, 2007) sem a qual tais processos não seriam possíveis (SMITH; KOSSLYN, 2008). Conhecimento pode ser concebido como corpos de entendimento, modelos mentais, convicções e crenças que influenciam como os indivíduos relatam suas experiências e resolvem os problemas que confrontam cotidianamente, nos vários aspectos de suas vidas (CHI; GLASER, 1985). Em outras palavras, estruturas de conhecimento são o conjunto seguro de crenças que integra abstrações das experiências em capacidade de ação efetiva (MACFARLANE, 1998).

Um processo cognitivo dentro do qual informação e estrutura de conhecimento se relacionam é o da resolução de problemas. Essa é compreendida como uma das mais complexas atividades cognitivas humanas (CHI; GLASER, 1985; ANDERSON, 1993). A teoria canônica em resolução de problema estabelece

que o comportamento em resolução de problemas constitui-se de três elementos: o sistema de processamento de informação, o ambiente tarefa e o espaço problema. O primeiro é constituído de um processador ativo, *inputs* e *outputs*, memórias de curto e longo prazo e memória externa. O sistema tem acesso ilimitado à memória de longo prazo (conhecimento armazenado) e é limitado pela memória de curto prazo¹ (memória de trabalho) em que tem lugar o processamento das entradas e saídas do processo. O segundo, o ambiente tarefa, refere-se ao conjunto de atributos por meio do qual os movimentos permitidos e os objetivos do problema são estabelecidos. Ele interage com a memória de curto prazo tornando a busca pela solução mais ou menos difícil, conforme o problema. Por fim, o espaço problema, resulta da representação mental do ambiente tarefa, incorporando aspectos deste. É no espaço problema que ocorre a busca pela solução, o que envolve ir de um estado de conhecimento a outro pela aplicação de operadores. Tais operadores transformam um estado atual de conhecimento em outro, contribuindo no alcance da solução (NEWELL; SIMON, 1972; SIMON, 1978).

Em suma, o processo cognitivo de resolução de problemas oferece possibilidades de investigação dos papéis desempenhados pela informação extraída do ambiente tarefa, com a qual se constrói o espaço problema, e pela estrutura de conhecimento do solucionador, a qual orienta a extração da informação e a conformação do espaço problema. Nesse sentido, interessante foco de investigação pode emergir da verificação das características com que tais elementos são revestidos. Por exemplo, observando as diferentes formas de apresentar o ambiente tarefa ao solucionador e o efeito no processo de resolução. Outro exemplo é a investigação de se solucionadores com diferentes níveis de *expertise* interagem diferentemente com a variação nas formas de apresentação do ambiente tarefa de maneira a influenciar o desempenho na resolução de problemas.

Assim, dentre as várias possibilidades de exame sistematizado, a presente pesquisa escolhe investigar a situação de interação do solucionador com o

¹ O conceito de memória de curto prazo guarda relação com o conceito de memória de trabalho (*working memory*), esse proposto por Baddeley (2000), podendo-se dizer que o segundo representa uma evolução do primeiro. Ambos os conceitos serão discutidos oportunamente. O presente trabalho conserva esses conceitos usados tal qual citados nos trabalhos referenciados, como forma de guardar coerência com o mesmo. A memória de curto prazo nesses é entendida como um sistema temporário para armazenamento de informação, enquanto a memória de trabalho assimila a combinação entre armazenamento e manipulação (BADDELEY, 2000, 2012).

enunciado no contexto da resolução de problema. De um modo mais amplo, o exame desse fenômeno colabora diretamente na compreensão da interação usuário-texto, a qual, segundo Belkin (1990), é de especial importância na Ciência de Informação.

Embora a literatura da área aponte a necessidade de compreensão da interação texto-usuário (BELKIN, 1990), a ênfase tem recaído na interação do usuário com sistemas ou mecanismos de busca e recuperação de informação. Além disso, carece-se de explicações sobre razões, resultados e dificuldades enfrentadas pelo usuário em relação ao material recuperado (PETTIGREW *et al.* 2002). Por conseguinte, acredita-se estar diante de uma lacuna no desenvolvimento teórico da área, o que, conforme assinalado por Fisher e Julien (2009), finda por sujeitá-la à crítica de falta de generalização e construção teórica.

Um primeiro passo na compreensão da interação usuário-texto é dado a partir do entendimento do conceito de texto, do modo como ele ‘carrega informação’, bem como os processos envolvidos na sua compreensão. Essas questões podem ser elucidadas com apoio na Psicologia Cognitiva e nas teorias de compreensão de texto. Outro passo é a averiguação da resolução de problemas em face de outros processos cognitivos tais como compreensão de texto e aprendizagem. Há vários estudos que exploram esse aspecto da resolução de problemas. Por exemplo, a compreensão de problemas de álgebra em função de seus enunciados (HINSLEY; HAYES; SIMON, 1977; NESHER; HERSHKOVITZ; NOVOTNA, 2003), a categorização de problemas a partir de seus enunciados em relação ao nível de conhecimento – nível de *expertise* – do solucionador (CHI; FELTOVICH; GLASER, 1981; MASON, SINGH; 2011), os efeitos do formato – e.g. animação, gráficos e texto – em relação ao conhecimento prévio do solucionador na resolução de problemas de Física como estratégia de ensino (CHANLIN, 2001) entre outros.

Adicionalmente, a compreensão de um texto requer necessariamente que o conjunto de proposições que o compõem seja processado pela **estrutura de conhecimento** do leitor. Assim, o conjunto do conhecimento detido pelo leitor, i.e., domínio específico e habilidade de leitura, irá delinear o escopo da compreensão do material lido. Por fim, há que se considerar também a extensão do enunciado, uma vez que a forma como a questão do problema a ser resolvido é apresentada tem consequências no desempenho na resolução do problema (KINSTCH, 1988).

Diante desse quadro, chega-se, portanto, a um modelo que relaciona os conceitos de informação, estrutura de conhecimento e resolução de problemas. Nesse é realçado o papel desempenhado pelo enunciado do problema e pelo nível de desenvolvimento da estrutura de conhecimento do solucionador. Tal modelo conceitual possibilita a exploração da interação usuário-texto, a qual, em maior ou menor grau, tem constituído uma lacuna nos desenvolvimentos teóricos da Ciência da Informação. Portanto, como base na contextualização anteriormente delineada, bem como nas lacunas apontadas, a situação problema no presente trabalho pode ser estabelecida nos seguintes termos:

Em que medida o tempo utilizado e o escore alcançado na resolução de problemas são influenciados pela interação do solucionador com o enunciado do problema?

1.3 Objetivos

Em decorrência da situação problema anteriormente discutida e apresentada, chega-se ao objetivo geral proposto no presente estudo que é **verificar a influência da interação do solucionador com o enunciado sobre o tempo utilizado e o escore alcançado.**

Nesse contexto, duas características são adotadas como perspectiva a partir da qual realizar essa verificação. Essas são o nível de *expertise* do solucionador e a extensão do enunciado do problema. Além disso, vislumbra-se que tal verificação pode ser feita de forma simples, direta e óbvia por meio do exame da resolução dos problemas com a possibilidade de interação do solucionador (presença da interação) com o enunciado e na impossibilidade de ocorrência dessa (ausência da interação). Portanto, o objetivo geral perseguido é desdobrado nos seguintes objetivos específicos:

- Verificar se na presença da interação do solucionador com o enunciado, o nível de *expertise* e a extensão do enunciado influenciam o tempo utilizado e o escore alcançado na resolução de problemas.

- Verificar se na ausência de interação do solucionador com o enunciado, o nível de *expertise* e a extensão do enunciado influenciam o tempo utilizado e o escore alcançado na resolução de problemas.

Os objetivos específicos, por sua vez, orientam as hipóteses de pesquisas assumidas, as quais são detalhadas, juntamente com os objetivos, no Capítulo IV – Método de Pesquisa do presente estudo. Adicionalmente, modelo conceitual resultado dos conceitos e relações entre estes que acredita-se estejam envolvidos no fenômeno em estudo, servindo de fundamento para hipóteses assumidas, é testado empiricamente por intermédio da resolução de problemas de Mecânica Clássica (subcampo da Física).

1.4 Justificativa e relevância do estudo

Justifica-se essa pesquisa na necessidade de colaborar com o preenchimento de lacunas na literatura da Ciência da Informação relacionadas aos conceitos e à natureza do dados, texto, informação e estrutura de conhecimento, bem como da relação entre estes. Vislumbra-se tal colaboração por meio da investigação sistematizada do fenômeno da interação usuário-texto, aqui realizada na observação da interação solucionador-enunciado. Embora o entendimento de tal interação é de relevância para a Ciência da Informação (BELKIN, 1990), há espaço para que a compreensão dessa seja aprofundada, trazendo novas perspectivas da compreensão do texto como objeto de pesquisa dessa ciência.

O estudo em questão adota abordagem interdisciplinar, colaborando no fortalecimento da Ciência da Informação como disciplina interdisciplinar. Destaca-se também que a Ciência da Informação e a Psicologia Cognitiva compartilham várias noções quanto aos conceitos de informação, estrutura de conhecimento e processamento da informação, tornando mais fácil essa aproximação.

Por fim, o trabalho em questão adota o método experimental por acreditar nesse como método válido e eficiente no teste empírico do modelo conceitual e hipóteses propostos. Nesse sentido, o estudo contribui tanto pelo teste empírico de proposições teóricas, quanto pela inovação no uso do método experimental, utilizado em menor escala nos estudos da Ciência da Informação no Brasil.

Embora com no presente estudo a principal preocupação é contribuir diretamente com avanços teóricos, vislumbra-se nos achados de pesquisa apoio teórico para o desenvolvimento de modelos de aplicações práticas. Por exemplo, os resultados podem auxiliar na elaboração de modelos organizacionais de gestão da informação e do conhecimento. Isto porque, os achados de pesquisa podem oferecer parâmetros para dosagem, formato e apresentação da informação, auxiliando assim na resolução de problemas e tomada de decisão em ambientes organizacionais.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

*What would you think if I sang out of tune?
Would you stand up and walk out on me?
Lend me your ears and I'll sing you a song,
And I'll try not to sing out of key.
(The Beatles)*

O presente capítulo está dividido em seis seções conforme se descreve a seguir. O objetivo nesse capítulo é apresentar os principais conceitos e processos tratados no presente trabalho, iniciando a construção das premissas sobre as quais se assentam as hipóteses aqui defendidas. Na primeira seção é apresentado aspectos históricos e teóricos do Paradigma Cognitivo, pavimentando-se assim o entendimento da proximidade dos arcabouço teórico do ponto de vista cognitivo na Ciência da Informação e do processamento da informação na Psicologia Cognitiva. Na segunda seção se discute brevemente a interdisciplinaridade na ciência da Informação, buscando realçar os benefícios da perspectiva interdisciplinar adotada no presente estudo.

A terceira seção cuida do conceito de informação a partir da abordagem do ponto de vista cognitivo na Ciência da Informação, conforme concebido por Belkin (1978), Brookes (1980) e Ingwersen (2002). Como resultado do aprofundamento das discussões desses conceitos, observa-se algumas lacunas conceituais nessa ciência que justificam a busca por entendimento dos mesmos com teorias da abordagem do processamento da informação na Psicologia Cognitiva. Essa abordagem contribui com o conceito de texto, suas estruturas e modelos, bem como a descrição do processo de compreensão do texto.

A quarta seção trata do conceito de estrutura de conhecimento, aquisição e representação do conhecimento na memória. Além disso, discutem-se também os vários modos como o conceito de *expertise* tem sido abordado e o impacto da variedade de entendimentos nas pesquisas envolvendo esse conceito. Na quinta seção o tema explorado é a resolução de problemas, tratada em termos de

conceitos gerais, processos, componentes do modelo e estratégias empregadas nesse processo cognitivo, além da relação entre a resolução de problemas e as memórias de trabalho e externa. Por fim, com a sexta seção o objetivo é apresentar resultados de pesquisa envolvendo os principais conceitos discutidos no trabalho.

2.1 Paradigma Cognitivo

O entendimento da Ciência da Informação como uma ciência cognitiva não é recente. Esse entendimento surge do movimento denominado Cognitivismo, gestado durante os anos de 1960 e que, assim como várias outras ciências, surgiu como ramo da ciência da computação. Segundo De Mey (1992), o desenvolvimento do Paradigma Cognitivo remonta ao período antes e durante a Segunda Guerra Mundial, surgindo influenciado pelos trabalhos de logicistas e matemáticos como Alan M. Turing e Nbert Wiener, de teóricos da biologia como Warren S. McCulloch e Water Pitts e de psicólogos como Kenneth Craik. O cognitivismo também se caracterizou como tendência, conforme se denota pelo rótulo 'cognitivo', mas não se ateve à psicologia, popularizando-se em áreas como inteligência artificial, linguística, biologia, sociologia e antropologia. Tal tendência não se limita a questões filosóficas uma vez que constitui um modo de exame e aplicações práticas e cruciais no âmbito acadêmico, como na justiça, psicoterapia e psicologia da economia (DE MEY, 1992).

Relevante ressaltar que o ponto de vista cognitivo se desenvolveu como expressão de duas mudanças de foco. Primeiro, deslocou-se a atenção do objeto ou sinal para o indivíduo ou receptor, estando este conectado ao objeto cognitivo como resultado de processos cognitivos nele desencadeados. Assim, por exemplo, a compreensão de um discurso, escrito ou falado, é visto como uma atividade construtiva durante a qual uma mensagem apenas induz ao significado e cujo conteúdo é proporcionado pela base de conhecimento do receptor. A segunda mudança refere-se mudança do foco de manipulações isoladas de microunidades claramente delineadas para a manipulação de entidades mais complexas, chegando à macro escala de modelos de mundo. Essa situação trouxe como consequência o reconhecimento de que muitas vezes a compreensão de uma simples sentença demanda o concurso de extensos todos. O contexto interno é rico e denso em itens

de conhecimento, relacionados uns com os outros, numa complexidade que constitui o universo por ele próprio (DE MEY, 1992).

A influência da revolução do computador é bastante marcante para o Cognitivismo. Tanto que se pode observar essa influência no princípio básico desse movimento, o qual preconiza que qualquer forma de processamento da informação, não importa se em meio natural ou artificial, ocorre em um modelo interno ou representação do meio dentro do qual opera o mecanismo de processamento. Tal modelo configura o modelo de mundo do mecanismo, isto é, seu sistema de categorias ou conceitos que media o processamento da informação (DE MEY, 1992).

A ideia de processamento da informação nessa visão tem a ver com a noção de transformação da energia que atinge um sistema em alguma outra forma de energia. Para a visão cognitiva, a energia resultante simboliza um evento ou carrega informação sobre um dado estado de coisas. Conseqüentemente é essencialmente correta a suposição de que qualquer sistema de processamento da informação, por mais elementar que fosse, deveria dispor dos seguintes componentes:

- (1) Um ou mais transdutor o qual transforma uma forma de energia (e.g. luz) em outra (e.g. eletricidade),
- (2) Alguma forma elementar de memória de curto prazo a qual pode temporariamente reter a energia transformada,
- (3) Uma memória de longo prazo na qual conhecimento é construído em termos de padrões com os quais os *inputs* retidos na memória de curto prazo podem ser comparados, e
- (4) Um sistema de *outputs* o qual pode responder diferentemente de acordo com a presença ou ausência de uma correspondência entre a informação codificada recebida e os padrões armazenados (AMOSOV, 1967 *apud* DE MEY, 1992).

O paradigma cognitivo baseia-se na noção de sistema de comunicação no qual o observador geralmente examina a informação visual ou auditiva na mensagem e tenta decodificá-la de modo a chegar ao seu significado. Para tanto, o processamento da informação envolve estágios que vão da manipulação de unidades de informação separada e independentemente até a estruturação e contextualização dessas com vistas a acrescentá-las ao sistema de conceitos do

modelo de mundo do processador. Por essa razão, é importante frisar que modelos de mundo não são produtos da mente do indivíduo vivendo isoladamente, **mas da vivência do indivíduo em grupo**. Eles são cultivados pela sociedade e mantidos disponíveis para os membros dos grupos, estando acessíveis para esses assim como uma linguagem específica é acessível a uma comunidade usuária dessa linguagem. Embora cada indivíduo tenha seu modo particular de compreender o mundo, esse modo particular compartilha com os demais algumas características do sentido de tornar possível a interação e a comunicação entre os membros de um determinado grupo. Em suma, fundamental nessa contribuição é a ideia de modelo de mundo como mediador no processamento da informação. Uma vez que o modelo é produto de construção dentro de uma perspectiva coletiva ele se torna acessível aos demais membros de um dado grupo (DE MEY, 1992).

É relevante salientar que no bojo do paradigma cognitivo há contribuições feitas diretamente da Ciência Cognitiva à Ciência da Informação no que se refere a questões filosóficas e epistemológicas, visando contribuir no desenvolvimento do estudo do conhecimento científico. O surgimento e a revolução científica tem profunda conexão com o surgimento da imprensa, sendo esse a base para o desenvolvimento de sistemas de informação científicos (EISENSTEIN, 1979 *apud* DE MEY, 1984). Assim, operava a noção de que o impacto cognitivo da impressão moderna resultava dos avanços proporcionados pelas técnicas de preservação de documentos. Consequentemente, o conhecimento era visto como algo estático. Porém, há outra visão que concebe o conhecimento perdendo tal *status* e que, portanto, o foco deveria recair no conhecimento do usuário na condição de manipulador ativo das fontes de conhecimento. Decorre desse ponto de vista que a Ciência da Informação tenha uma visão mais ampla sobre o desenvolvimento de estruturas cognitivas. Isso porque, tais estruturas modelam contextos através da decomposição e recombinação de modelos de mundo e autoimagens. Ao melhor compreendê-las, o cientista da informação estaria apto a compreender o progresso e a descoberta científica em ciência, bem como no entendimento da interação entre usuários (DE MEY, 1984). A ideia assimilada nessa contribuição do autor para os cientistas da informação permite vislumbrar direcionamento para Ciência da Informação no sentido de se posicionar como ciência interdisciplinar. Conforme ele assinala, é necessário que essa ciência assimile conhecimento sobre aspectos da

cognição humana relevantes na compreensão da interação informação-conhecimento. Por conseguinte, os próximos parágrafos são dedicados a discutir brevemente a relevância da adoção de perspectiva interdisciplinar na Ciência da Informação. O objetivo com tal discussão é abrir caminho para posteriormente apresentar o ponto de vista cognitivo como exemplo de como a sugestão de De Mey (1984) tem sido considerado no escopo da Ciência da Informação.

2.1.1 A abordagem do ponto de vista cognitivo na Ciência da Informação

Os primeiros trabalhos que explícita ou implicitamente adotaram a perspectiva cognitiva na Ciência da Informação surgiram na década de 1970. A abordagem do ponto de vista cognitivo considera que em ambas as pontas de qualquer sistema de comunicação de interesse para a Ciência da Informação ocorrem processos cognitivos significantes para essa ciência (BELKIN, 1990). Conforme já visto, o princípio sobre o qual se desenvolve a abordagem é inspirado no cognitivismo de De Mey (1992) para o qual o processamento da informação é mediado por um sistema de categorias e conceitos que constituem o modelo de mundo desse sistema, seja ele artificial ou humano. O sistema de categorias e conceitos é a estrutura conceitual do indivíduo, formada como resultado das suas interações sócio-coletivas (INGWERSEN, 2002).

Adotar a abordagem do ponto de vista cognitivo implica em considerar que o que quer que o indivíduo receba, perceba, produza, ele o faz por intermédio de seu estado de conhecimento e crenças, entre outros. Na Ciência da Informação, a utilização de abordagem do ponto de vista cognitivo indica, tipicamente, a existência de um sistema de comunicação humano em que textos e a interação dos indivíduos com eles e entre indivíduos a respeito deles desempenham um papel chave (BELKIN, 1990).

Na abordagem, conforme se verá, verifica-se coerência em termos de articulação e fundamentação de ideias e conceitos sobre os quais se baseia. Observa-se também que os conceitos utilizados na abordagem estão em sintonia com os mesmos conceitos no âmbito da Psicologia Cognitiva. Porém, isso não significa unanimidade entre os pesquisadores da Ciência da Informação. Por exemplo, Frohmann (1992) analisa as estratégias de discurso da abordagem por meio das quais se identifica informação vista como *commodity* e pessoas como

consumidores de informação dentro de condições econômicas do mercado (FROHMANN, 1992).

Nessa crítica, a principal realização do ponto de vista cognitivo consiste na instalação de procedimentos discursivos os quais constituem a produção, distribuição, troca e distribuição de informação como dada, científico-natural, evento cognitivo que tem lugar dentro de mecanismos de processamento da informação individuais. Além disso, a abordagem do ponto de vista cognitivo concebe a informação como uma alteração dentro das mentes de indivíduos. Assim, a busca por informação é orientada pelo reparo de imagens individuais. Além do que a informação solicitada transforma-se numa imagem localizada dentro de repositórios de representações de grande escala de um mundo objetivo. Destarte, o discurso desaloja o entendimento do processo de informação como uma construção social, ante a constituição de 'necessidades do usuário', 'estoques de conhecimento', ou padrões de produção, transmissão, distribuição e consumo de imagens (FROHMANN, 1992).

Porém, conforme frisado pelo crítico, a finalidade da análise não é questionar a verdade das proposições geradas, a validade dos argumentos empregados ou o conhecimento ganho por meio deles. O objetivo é mostrar como conhecimento é construído como um efeito do poder operando através de procedimentos discursivos específicos. Por esse motivo, acredita-se que a crítica não questiona o ponto de vista cognitivo como arcabouço teórico. Apenas deixa evidente o choque de ideologias existente dentro da ciência quando tal crítica busca rotular o ponto de vista cognitivo como servindo aos interesses da ideologia capitalista, individualista, em detrimento de uma compreensão mais socializada da informação (FROHMANN, 1992).

No entanto, a crítica pode não ser de todo fundamentada se considerado que uma das premissas do ponto de vista cognitivo é que o sistema de categorias e conceitos dentro do qual a informação é processada é construído socialmente pelo indivíduo, em suas interações com seu meio (BELKIN, 1990, INGWERSEN, 2002; WILSON, 1984). Essa posição tem ainda apoio em Talja, Tuominen e Salovainen (2005), os quais fazem distinção entre duas visões dentro do que chamam de construtivismo cognitivo (ou abordagem do ponto de vista cognitivo). Os autores ressaltam que parte dos representados da abordagem concebem estruturas de

conhecimento e modelos mentais como criação do indivíduo, influenciado pela história e pelas relações sociais.

Consequentemente, o ponto de vista cognitivo na Ciência da Informação tem demonstrado ser uma perspectiva teórica, metodológica e prática para desenvolvimentos mais amplos dentro dessa ciência (BELKIN, 1990), conforme se verá adiante. Adotar tal perspectiva de entendimento e interpretação traz a reboque a vantagem de se vislumbrar diferenças conceituais fundamentais nas questões de interesse da ciência. Por exemplo, a diferenciação entre os conceitos de dado, informação e estrutura de conhecimento. Esses conceitos e as diferenciações e aproximações entre eles são o tema da próxima seção.

2.2 Interdisciplinaridade na Ciência da Informação

Uma perspectiva do entendimento da Ciência da Informação é a de que trata-se de uma ciência de natureza interdisciplinar. Isso porque ela deriva e se relaciona com várias disciplinas associadas, tais como matemática, lógica, linguística, psicologia, informática, comunicações e administração, entre outros. Tal noção é facilmente compreendida e aceita se considerado o amplo escopo de interesses dessa área. Tais interesses de pesquisa incluem geração, coleção, organização, armazenamento, recuperação, interpretação, transmissão, transformação e uso da informação (BORKO, 1968). Essa perspectiva tem sido defendida desde os primórdios da Ciência da Informação até correntemente (BORKO, 1968; HOLLAND, 2008; INGWERSEN, 2002; PREBOR, 2010; SARACEVIC, 1995; 1996; TANG, 2004). A **Ilustração 1** a seguir enfatiza o caráter interdisciplinar dessa ciência, ao mesmo tempo em que destaca disciplinas com ela associadas.

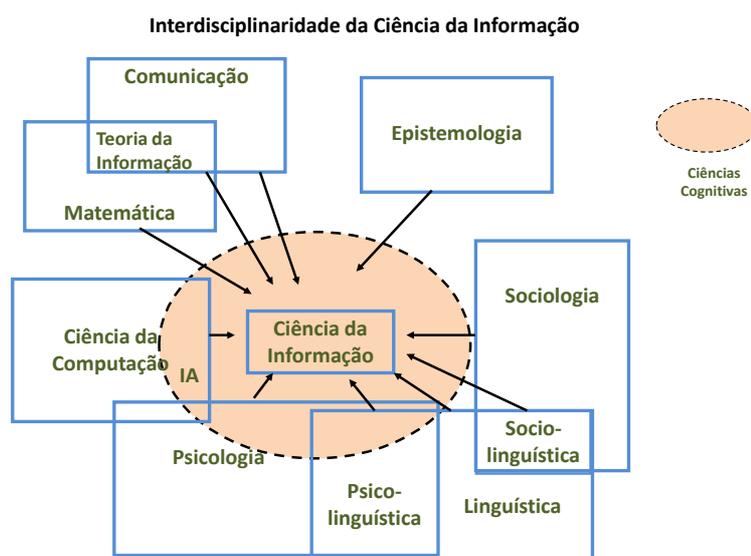


Ilustração 1 - Disciplinas científicas que influenciam a Ciência da Informação. Adaptado de Ingwersen (2002).

A **Ilustração 1**, retirada de Ingwersen (2002), representa a Ciência da Informação como uma disciplina altamente interdisciplinar, a qual colhe contribuições das mais diversas áreas. Conforme se observa, ela se relaciona com disciplinas tais como Ciência da Computação, Psicologia e a Linguística. Ao mesmo tempo, a figura também realça o caráter de ciência cognitiva da Ciência da Informação. Nessas ciências os interesses residem na compreensão de fenômenos tais como percepção, cognição, categorização, compreensão, pensamento, linguagem, representação. Esses são processos mentais cuja compreensão é atingida por meio de desenvolvimentos na área, muitas vezes como resultado de esforços conjuntos de múltiplas abordagens, cujos achados têm as mais diversas aplicações.

Porém, o fato da Ciência da Informação ser entendida como uma ciência interdisciplinar não significa que todo esforço de pesquisa dentro de seu escopo seja apenas interdisciplinar. Há exemplos do emprego também de estratégias multidisciplinares, para se restringir apenas às duas abordagens mais proeminentes (HOLLAND, 2008). Assim, é interessante caracterizar essas duas abordagens na construção de estratégias de pesquisa. Interdisciplinar refere-se ao esforço de pesquisa em que se almeja integração do conhecimento e/ou método de duas ou mais disciplinas. A interdisciplinaridade significa o processo iniciado por questão ou

ponto controverso empregado na busca por uma síntese de discurso e integração do conhecimento. Assim, o objetivo com adoção de uma estratégia interdisciplinar é obter novos conceitos, métodos e estruturas teóricas por meio da fusão daqueles oriundos e existentes no arcabouço de diferentes disciplinas. Uma pesquisa interdisciplinar pode ser entendida como que estabelecendo um ambiente não disciplinado na qual diferentes disciplinas podem se utilizarem do contexto não estruturado com a possibilidade de gerarem soluções inovadoras. Já uma estratégia multidisciplinar é executada pela aproximação de duas ou mais disciplinas com a finalidade de resolver algum problema. Nessa estratégia, novos entendimentos sobre um fenômeno são obtidos através da adaptação e modificação dos conceitos, métodos e estruturas teóricas existentes dentro de uma disciplina e normalmente tomadas emprestados de outras. Encontrada a solução, as duas disciplinas permanecem inalteradas (HOLLAND, 2008).

O que significaria uma abordagem interdisciplinar entre a Ciência da Informação e a Psicologia Cognitiva na prática de pesquisa? Por que adotar tal abordagem interdisciplinar em face do estudo de certas questões? A decisão de trabalhar com essa abordagem fundamenta-se no entendimento de que, tomado o fenômeno em observação, acredita-se que o tratamento interdisciplinar é o mais indicado. Isso porque tal estratégia abre espaço para análise mais aprofundada e, portanto, resultados mais abrangentes e significativos. A interdisciplinaridade adotada no trabalho em curso ocorre em grau epistemológico e metodológico visto sustentar-se em contribuições dos desenvolvimentos de conceitos e métodos da Psicologia Cognitiva úteis na investigação de problemas de interesse da Ciência da Informação (NECOLESCU, 2000).

Por outro lado, a escolha pela Psicologia Cognitiva deve-se à especial atenção que essa disciplina dispensa ao entendimento do funcionamento da mente humana. O estudo nessa área centra-se principalmente na estrutura e organização do conhecimento e nos processos que dele se utilizam. O interesse dos pesquisadores dessa área não é a descrição do comportamento em face dos estímulos recebidos. O objetivo é explicar, a partir do comportamento observado, os eventos que os antecedem e a estrutura de conhecimento e processos mentais que podem ter levado a esse comportamento. Além disso, o estudo da cognição humana é visto como a principal área de estudo dentro da Psicologia (PAYNE;

WESTERMAN, 2003). Uma vez que o fenômeno em observação envolve os conceitos de informação e de estruturas de conhecimento, parece oportuno uma aproximação entre a Ciência da Informação e a Psicologia Cognitiva.

Portanto, busca-se com a abordagem interdisciplinar a colaboração e integração no desenvolvimento de métodos, conceitos e estruturas da disciplina. Outro legado é que a adoção de tal estratégia ajuda a evitar a estagnação teórica à medida que pesquisas mais recentes são incorporadas a partir de disciplinas associadas (HOLLAND, 2008).

Uma vez discutida e justificada as vantagens de abordagem interdisciplinar no tratamento de certas questões, apresenta-se a seguir alguns aspectos da abordagem do ponto de vista cognitivo. Acredita-se que essa seja um dos exemplos de interdisciplinaridade na Ciência da Informação uma vez que seu arcabouço teórico está fundamentado nos princípios do paradigma cognitivo. Muitas das suposições dessa abordagem, conforme se observará no desenvolvimento desse capítulo, compartilha algumas relevantes noções adotadas na Psicologia Cognitiva. Portanto, a próxima seção é dedicada a apresentar brevemente em linhas gerais quais os principais aspectos dessa abordagem.

2.3 Informação

Embora o paradigma cognitivo discutido anteriormente tenha em seu cerne o processamento da informação, não se verificou entre seus objetivos propor conceito de informação que pudesse ser útil à Ciência da Informação. Nesse sentido, é necessário buscar conceito que seja adequado na investigação da relação entre informação e estrutura de conhecimento no processo cognitivo de resolução de problemas. A presente seção é dedicada a explorar o conceito de informação dentro do referido ponto de vista. Tendo em vista algumas lacunas identificadas na abordagem, a discussão segue com a apresentação do conceito e estrutura do texto, conforme a teoria de compreensão de texto na abordagem do processamento da informação.

2.3.1 O conceito de informação no ponto de vista cognitivo

De acordo com Hjørland (2000), um conceito científico somente faz sentido dentro da estrutura teórica na qual é concebido. Por essa razão, é interessante trazer para dentro da estrutura teórica do presente trabalho o modo como é concebida informação para efeito das discussões que aqui se travam. A discussão do conceito de informação nos parágrafos a seguir emerge de uma perspectiva cognitiva de informação, isto é, **considerando informação como resultado de processos cognitivos**. Essa perspectiva está em sintonia com a maior parte das teorias de informação para as quais informação é o que modifica o conhecimento do receptor.

Talja, Tuominen e Salovainen (2005) tratam de três posições meta teóricas orientando a pesquisa na Ciência da Informação. Essas são o construtivismo cognitivo, o construtivismo social (ou coletivismo) e o construtivismo. Não é intenção discorrer sobre cada uma dessas posições, sendo útil, no entanto, a classificação oferecida pelos autores como respaldo na escolha dos trabalhos que orientam conceitualmente o presente trabalho. Eles indicam que são autores representativos da abordagem do ponto de vista, ou da posição do construtivismo cognitivo, entre outros, Brookes, Belkin e Ingwersen. O primeiro adota postura de que estruturas de conhecimento e modelos mentais são criações do indivíduo, pela experiência e pela observação. Já os dois últimos sagram a posição de que aquelas resultam também da história e das interações sociais que o indivíduo estabelece.

Conforme será apresentado nas seções subsequentes, Belkin (1978), Brookes (1980) e Ingwersen (2002) dedicaram-se explicitamente a propor um conceito de informação de acordo, ou mesmo explicitamente orientado, com as premissas do ponto de vista cognitivo. Destarte, é oportuno iniciar a discussão sobre um conceito para informação pelo trabalho de Belkin (1978). Essa escolha justifica-se na ordem cronológica em que cada conceito foi apresentado, o que facilita o entendimento da influência dele sobre os demais.

Um dos aspectos iniciais do trabalho de Belkin (1978) são requisitos que ele propõe e que devem ser considerados num conceito de informação para a Ciência da Informação. Para ele, a importância de se estabelecer um conceito de informação reside em, pelo menos, endereçar qual o fenômeno estudado por essa ciência.

Paralelamente, por se tratar de ciência e de método científico, é adequado possuir um conceito por meio do qual lidar com os problemas do campo.

Portanto, um conjunto de **oito** requisitos propostos pelo autor servem de parâmetro na avaliação por ele realizada de vários conceitos de informação de interesse para a Ciência da Informação. Os requisitos são baseados na ideia de ciência como iniciativa do tipo utilidade-busca e no problema fundamental da Ciência da Informação. O primeiro requer que qualquer conceito de informação seja útil, o segundo indica o sentido no qual a utilidade deve ser interpretada. Belkin (1978) classifica tais requisitos em três grupos:

- Requisitos comportamentais – relacionam-se com o fenômeno levado em consideração pelo conceito;
- Requisitos conceituais – relacionam-se com o contexto do conceito, e
- Requisitos metodológicos – relacionam-se com a utilidade do conceito.

Tendo em vista o escopo das discussões em curso, maior detalhadamente é conferido aos requisitos comportamentais cujo cerne refere-se ao comportamento dos usuários em relação à informação. Em essência o grupo de requisitos comportamentais baseia-se nas noções de que:

- a) diferentes usuários reagem e aprendem o mesmo conjunto de **dados** diferentemente,
- b) o mesmo usuário responde de modo diferente ao mesmo elenco de dados em diferentes momentos e
- c) a natureza da resposta do usuário depende em certa medida da apresentação do dado (BELKIN, 1978).

Os dois primeiros itens são geralmente explicados como sendo exemplos do efeito da informação em vista de sua dependência do estado de conhecimento do usuário/receptor. Isso porque uma vez que duas pessoas não têm o mesmo estado de conhecimento, o mesmo dado pode não produzir o mesmo efeito em ambas. Similarmente, considerando que o estado de conhecimento dos indivíduos está em constante mudança, como resultado da experiência, o mesmo dado pode surtir diferentes efeitos na mesma pessoa em diferentes momentos.

O terceiro item enfatiza que o efeito do dado também é dependente do estado de conhecimento, mas em um sentido diferente. Duas situações exemplificam esse aspecto. A primeira ocorre, por exemplo, quando o mesmo texto é apresentado em dois idiomas diferentes, tendo o receptor domínio de apenas um desses. Outro exemplo dessa situação tem a ver com texto incoerentemente organizado pelo gerador, tanto no sentido de narrativa, quando de estrutura lógica, caracterizando uma redação pobremente elaborada. Esses dois exemplos descrevem, respectivamente, a ausência da meta-informação que é demandada no entendimento do texto por parte do receptor e da quebra de regras meta-informacionais por parte do gerador.

A segunda situação assinalada por Belkin (1978) considera a crença do receptor em relação ao texto. Ele pontua que é concebível que um receptor será mais fortemente afetado pela informação transmitida por alguém reconhecidamente *expert* no campo, que a mesma informação na tese de um estudante. Por outro lado, a resposta ao dado apresentado pode depender da persuasão do gerador da informação. O primeiro exemplo depende do conjunto de crenças do receptor, já o segundo exemplo, embora leve em conta o conjunto de crenças, depende diretamente do propósito e do conhecimento do gerador e do estado de conhecimento do receptor, incluindo suas crenças.

Belkin (1978) avalia vários conceitos de informação sob a perspectiva do atendimento ou não do conjunto de requisitos que ele havia elaborado, dentre eles, os requisitos comportamentais brevemente destacados anteriormente. Uma vez que está fora do escopo do presente trabalho debater tais conceitos e a avaliação que o autor faz da plausibilidade de cada um deles, limita-se a acrescentar que todos foram rejeitados por não atenderem alguns dos referidos requisitos. O autor propõe então seu próprio conceito de informação com o qual procura atender ao conjunto de requisitos por ele elaborados. Assim, o autor concebe que:

Informação associada com um texto é a estrutura conceitual do gerador modificada pelo propósito, intenção, conhecimento do estado de conhecimento do receptor e a qual fundamenta a estrutura superficial (por exemplo, linguagem) do texto (BELKIN, 1978, p. 81).

Esse conceito baseia-se na noção de estrutura relacionada a sistemas de comunicação de interesse da Ciência da Informação. A implicação de tal conceito é que o sistema de comunicação é controlado pelo receptor o qual é guiado pelo seu

estado anômalo de conhecimento. No sistema, o gerador potencial do texto decide comunicar alguns aspectos, i.e., uma parte específica do seu estado de conhecimento. No entanto, antes que tal parte da estrutura torne-se explícita são necessárias várias transformações no sentido de separar a porção de conhecimento que se deseja comunicar. Tais transformações são realizadas no sentido de atender os propósitos e intenções do gerador e do seu conhecimento sobre o receptor. Esse, por sua vez, estimula o sistema de comunicação ao reconhecer seu estado anômalo de conhecimento, convertendo-o numa estrutura comunicável, por exemplo, um requerimento ao sistema. O receptor interpreta o texto que lhe é oferecido descobrindo a estrutura conceitual subjacente a ele. A estrutura interage com o estado anômalo de conhecimento do receptor e este toma a decisão de se a anomalia foi suficientemente resolvida. Se sim, o sistema é fechado. Se não, o sistema é novamente estimulado, com base em uma nova anomalia (BELKIN, 1978).

Com base nos parágrafos antecedentes é relevante destacar três aspectos do trabalho seminal de Belkin (1978). O primeiro é que já se delineia a distinção entre os conceitos de dado, informação e conhecimento. Na visão do autor, os conceitos não se confundem, embora, intimamente relacionados. Um segundo aspecto refere-se à relevância atribuída ao estado de conhecimento do receptor que pode ser entendido como seu modelo de mundo por meio do qual se processa informação a partir dos dados percebidos pelo receptor. O terceiro aspecto, embora explícito, não é explorado na descrição do conceito e diz respeito à interação receptor-texto. Somente posteriormente, em seu trabalho de 1990, o autor destaca a relevância de se compreender a interação do receptor com o texto, conforme será frisado oportunamente. Os dois primeiros aspectos são realçados nas discussões do conceito de informação proposto por Brookes (1980) e os três integram os desenvolvimentos da visão de Ingwersen (2002) sobre tal conceito. Conforme observado a seguir, tais características integram parte do conjunto de traços distintivos da abordagem do ponto de vista cognitivo na Ciência da Informação.

Brookes (1980), por sua vez, parte da concepção de três mundos do filósofo Karl Popper, para embasar sua proposta conceitual para a Ciência da Informação. Inicialmente, o autor discute a distinção entre os mundos físico, do conhecimento subjetivo humano e do conhecimento objetivo. A partir daí, define conhecimento como uma estrutura de conceitos conectados por suas relações e informação como

uma pequena parte de tal estrutura. Nessa perspectiva, a estrutura de conhecimento pode ser objetiva – expressão do pensamento depositado em registros físicos como livros, documentos – e subjetiva – ocorrência no espaço individual privado de cada pessoa. Brookes faz uso do que ele chamou de equação fundamental para descreve a relação entre informação e conhecimento:

$$K[S] + \Delta I = K[S + \Delta S] \quad (1)$$

Na equação (1) a estrutura de conhecimento $K[S]$ é transformada numa estrutura modificada $K[S + \Delta S]$ como resultado da informação ΔI . O ΔS indica o efeito dessa modificação. O autor argumenta que embora a equação seja expressa em forma **pseudo-matemática** esse é o modo mais compacto pelo qual a ideia por ele proposta pode ser expressa. No entanto, ele ressalva que a equação diz pouco em vista do que foi explicado previamente. Por outro lado, o autor deseja enfatizar com a equação o quão pouco se sabe sobre as maneiras pelas quais o conhecimento é incrementado.

A adoção dessa equação implica em levar em consideração alguns aspectos. O primeiro é que se seus componentes fossem mensuráveis, teriam que sê-lo na mesma unidade, isto é, informação e conhecimento deveriam ser do mesmo tipo. Consequentemente, se informação é entendida como uma pequena porção de conhecimento, conforme visto anteriormente, é aceitável substituir ΔK por ΔI na equação. Porém o autor adverte que é útil adotar a notação original tendo em vista que a mesma entidade ΔI pode surtir diferentes efeitos em diferentes estruturas de conhecimento. O segundo aspecto a ser observado é que a equação também implica que incrementos no conhecimento não ocorrem apenas por simples acréscimo. A absorção de informação dentro da estrutura de conhecimento pode significar adição, mas também ajustes no sentido de modificar a relação entre dois ou mais conceitos já assimilados pela estrutura. Por fim, outro aspecto ressalta que a equação fundamental se aplica às estruturas de conhecimento subjetivo e objetivo.

Em Brookes (1980) torna-se bastante clara a distinção entre informação e dado. Para o autor, informação depende de observações sensoriais, isto é perceptual, ao passo que o dado precisa ser percebido e subjetivamente interpretado por uma estrutura de conhecimento para somente então se tornar

informação. Essa distinção é explorada em maior profundidade na proposta de Ingwersen (2002), conforme se observará nos próximos parágrafos.

Ingwersen (2002) tem no trabalho de De Mey (1992) a orientação do que concebe como informação. O autor parte da premissa de que qualquer processamento da informação, tanto perceptual quanto simbólico, é mediado por um sistema de categorias ou conceitos os quais são o modelo do mundo desse sistema. Conforme já visto, essa noção se aplica ao mecanismo de processamento da informação em humanos e não humanos. O autor salienta ainda que o 'modelo do mundo', i.e., o 'conhecimento de mundo', 'esquemas' ou 'imagem', consiste em estruturas de conhecimento, ou estruturas cognitivas, as quais são determinadas pelo indivíduo e suas experiências sociais/coletivas, educação, entre outros. Esse modelo possui papel relevante no dispositivo de processamento da informação, seja humano, seja máquina. Tomado na perspectiva do processo de comunicação, isso implica que se a mensagem não pode ser mediada pelo estado de conhecimento do receptor, nenhum processamento de informação tem lugar. Conseqüentemente, se o receptor não pode perceber a mensagem, apesar de desejá-la, a informação é reduzida à superfície da estrutura, isto é, ao dado (texto ou sinais).

Essas concepções fundamentam o conjunto de pré-requisitos elaborados pelo autor que, seguindo a estratégia de Belkin (1978), os utiliza na avaliação de alguns conceitos de informação que pudessem ser aplicados com êxito à Ciência da Informação. Conseqüentemente, um conceito apropriado deve ser relevante para as cinco áreas centrais de estudo da Ciência da Informação², deve ser relacionado ao conhecimento, é definível e operacional, isto é, generalizável, e oferece um meio para a predição dos efeitos da informação. Não se trata de uma definição de informação. Ao contrário, trata-se do entendimento e do uso de tal conceito de modo que, ao ser adequado ao escopo dessa ciência, não contradiga outras disciplinas relacionadas à informação (INGWERSEN, 2002).

² Segundo Belkin (1978), as cinco áreas de interesse da Ciência da Informação são: transferência de informação em seres humanos e sistemas cognitivos de comunicação; a ideia de informação desejável; a efetividade de sistemas de informação e transferência de informação; a relação entre informação e o gerador, e a relação entre informação e usuário.

Ingwersen (2002) afirma sua rejeição ao conceito de informação proposto por Belkin (1978), esclarecendo que o julga insatisfatório por enfatizar a geração da informação e por apoiar-se no contexto do modelo de comunicação. Acrescenta que apesar do destaque conferido por Belkin (1978) à ideia de informação dependente do estado de conhecimento do receptor, tal aspecto não é expresso nem no modelo, nem no estabelecimento do conceito. Por fim, o autor levanta a questão de se os textos gerados são sempre estruturados de acordo com o conhecimento específico do estado de conhecimento do receptor.

Por outro lado, a proposta de Ingwersen (2002) tem na sua base a equação fundamental do conhecimento de Brookes (1980), acrescentando que essa poderia ser estendida a sua forma mais dinâmica³. Portanto, seria possível incluir a geração e a recepção de informação enfatizando a transformação do estado de conhecimento. Tal concepção da comunicação e do processamento da informação renderiam noções fundamentais para a Ciência da Informação, em termos de que:

- 1) sob a ótica do receptor, a informação é um potencial para cognição;
- 2) sob a ótica do gerador, os receptores são também potenciais;
- 3) ante o 'estado de incerteza', o receptor acessa a informação potencial que se tornam dados. Estes, se percebidos, podem se tornar informação. Dados são designações comunicadas, isto é, sinais, símbolos, palavras, texto, que contêm uma potencialidade de significado e inferência.
- 4) a informação potencial não percebida são dados para o receptor em particular e permanece informação potencial para outros receptores e geradores;
- 5) a percepção é controlada pelas estruturas de conhecimento efetivas (K(S)) no real estado de conhecimento do receptor e espaço problema;
- 6) a informação (δI) pode implicar o estado de incerteza pela transformação do espaço problema e do estado de conhecimento, causando considerações, decisões, ações, intenções, mudança de valor (efeito);
- 7) informação é uma transformação da estrutura de conhecimento do receptor (INGWERSEN, 2002).

³ $\delta I + K(S) \rightarrow K(S + \delta S) -$ (BROOKES, 1977 *apud* INGWERSEN, 2002).

Fundamentando-se nessas noções, o autor propõe a extensão do modelo de Brookes de modo a incluir geração e recepção, resultando em:

$$pI \rightarrow \delta I + K(S) \rightarrow K(S + \delta S) \rightarrow pI' \quad (2)$$

Na equação (2), a informação δI é percebida a partir da informação potencial pI . A informação δI é mediada pelo real estado de conhecimento $K(S)$ (incluindo o 'espaço problema' e o 'estado de incerteza'), transformando o estado de conhecimento em um novo estado $K(S + \delta S)$ com o efeito (δS). O estado de conhecimento modificado pode gerar, por exemplo, resposta ou criar posteriormente nova informação potencial pI' (INGWERSEN, 2002).

Assim, um conceito de informação adequado à Ciência da Informação deveria observar as sete noções discutidas anteriormente e a equação (2), além de necessariamente atender aos seguintes requisitos fundamentais:

- na perspectiva do gerador – informação é o resultado de transformação da estrutura de conhecimento do gerador (pela intencionalidade, pelo modelo de estados de conhecimento dos receptores e na forma de sinais);
- na perspectiva do receptor – informação é o que, quando percebido, afeta e transforma o estado de conhecimento do receptor (INGWERSEN, 2002, p. 33). **[tradução nossa]**

O entendimento do autor sobre a real informação é que ela ocorre num *continuum* espaço/tempo e somente pode se materializar quando as condições incorporadas no segundo requisito são atendidas. Isto é, informação existe no momento em que a informação potencial é percebida, afetando e transformando o estado de conhecimento do receptor. O autor acredita que um conceito nesses termos satisfaz todos os pré-requisitos por ele elencados anteriormente. Além disso, tal conceito considera um amplo espectro de fontes, não contradiz entendimentos mais amplos de informação no nível interdisciplinar e está relacionado com outros conceitos de informação. Por fim, ao se mensurar qualquer tipo de percepção e os demais passos no processo de desenvolvimento cognitivo o receptor deve ser colocado num papel de gerador. Por consequência, ele irá produzir respostas que forma a base para a medida da percepção, efeito e transformação do conhecimento (INGWERSEN, 2002).

Nos parágrafos anteriores discutiu-se três conceitos de informação de acordo com a abordagem do ponto de vista cognitivo na Ciência da Informação, oferecendo visão satisfatória de conceito dentro dessa abordagem. Os três autores propõem conceitos de informação estreitamente relacionados ao de estrutura de conhecimento. Em suma, a noção que se apreende de tais concepções pode ser descrita da seguinte forma: dados são percebidos pelo receptor e processados por um sistema de categorias e conceitos (INGWERSEN, 2002). Assim, eles são transformados em informação a qual passa a constituir a estrutura conceitual do indivíduo (BROOKES, 1980). A comunicação da estrutura conceitual do gerador requer que esse a modifique e a transmita com apoio, por exemplo, no texto e com suporte na linguagem (BELKIN, 1978). Nesse contexto, a noção de texto como meio pelo qual informação trafega do gerador para o receptor ganha relevância tornando-se, conforme já assinalado, de interesse da Ciência da Informação o entendimento da interação usuário-texto (BELKIN, 1990). Na abordagem do ponto de vista cognitivo, o texto é visto como designações comunicadas, a exemplo de sinais e palavras, que carregam o potencial para informação (INGWERSEN, 2002).

Em resumo, a compreensão do fenômeno da interação entre indivíduo e o texto é apontado como preocupação chave entre os interesses de pesquisa na Ciência da Informação (BELKIN, 1990). Um exemplo é o trabalho de Sukovic (2008) a qual objetivou investigar o uso de e-textos como fonte primárias em projetos de pesquisas, bem como a natureza das interações dos pesquisadores com os referidos e-textos. E-textos foram definidos como qualquer material textual eletrônico – escrito ou falado, digitalizado ou criado eletronicamente, entre outros – usado como fonte primária⁴ nos estudos literários e históricos. Os resultados demonstram, entre outros, que o material disponível recuperado (e-textos) dão a forma do entendimento do tópico em pesquisa e da seleção de evidências. Além disso, a utilização de e-textos por pesquisadores faz com que esses exibam os comportamentos tradicionais, embora também possam evidenciar novas práticas informacionais e de pesquisa em decorrência do uso dessas fontes. É o caso, por exemplo, do que a autora chama de “*netchaining*”, o qual resulta da combinação de

⁴ Sukovic (2008) exemplifica materiais primários como poesias, histórias, romances, peças, bem como a variedade de documentos históricos – governamentais, públicos ou privados. Arquivos digitalizados de revistas e jornais, *web sites* e *blogs* também podem ser e-textos quando usados como fontes primárias.

aspectos de rede (*networking*) com práticas de busca de informação. Com esse comportamento o pesquisador busca estabelecer e moldar as cadeias de informacionais *on-line*, as quais conectam fontes e pessoas. Por outro lado, a interação entre os pesquisadores participantes do estudo com e-textos renderam diferentes formas de exploração das questões de pesquisa destes.

Long e De Ley (2000) acreditam que um objetivo importante na pesquisa na compreensão de texto é especificar a natureza das representações de texto feita pelos leitores e como várias combinações de texto, tarefa e características do leitor afetam os processos que constroem tais representações. Na Ciência da Informação, a pesquisa de Sukovic (2008) sugere que a compreensão da interação usuário-texto pode ser feita no campo de pesquisa do comportamento informacional. Por sua vez, a pesquisa em comportamento informacional, segundo Wilson (2000), interessa-se pela totalidade do comportamento humano em relação à fonte e canais de informação. Dentro do leque de condutas em relação à informação, o autor aponta três comportamentos específicos: busca, pesquisa e uso. O primeiro diz respeito a busca de informação com propósito de satisfazer algum objetivo e que leva o indivíduo a interagir com diversos sistemas de informação, como jornais e computadores. O segundo refere-se ao comportamento num micro nível, consistindo de todas as interações com sistemas e em nível intelectual. Já o comportamento de uso da informação é o revelado nas ações físicas e mentais requeridas para que a informação encontrada seja incorporada na base de conhecimento prévio do indivíduo.

A ideia de investigar a interação usuário-texto na pesquisa em comportamento informacional também encontra apoio em Belkin (1993). Para ele, usuários não são apenas receptores passivos de mensagens. Ao contrário, eles buscam ativamente por textos de seus interesses e assim agindo julgam sobre a inutilidade ou interesse que os textos apresentam uma vez que interagem com eles, interpretando-os de modo a compreendê-los. No trabalho desenvolvido pelo autor, é conferido destaque à interação com textos e se evidencia a recuperação de informação como um comportamento de pesquisa informacional. O comportamento do usuário é descrito em termos de busca por textos a partir do qual é esperada a construção de significado que solucionará ou não o estado anômalo de conhecimento do usuário. Como consequência do empenho na busca por

informação e da interação usuário-texto, ocorre a mudança do estado de conhecimento do indivíduo. Logo, a situação problemática, i.e., o estado anômalo do conhecimento é uma situação dinâmica que modela a pesquisa por informação.

Assim, o autor assinala que durante o processo de busca de informação o usuário promove mudanças na especificação do material pesquisado, como resultado do reconhecimento do seu estado de conhecimento e na sua interação com o sistema de informação utilizado. Porém, acredita-se que a interação usuário com o sistema de informação poderia ser investigada mais profundamente, ou seja, de interação com o material recuperado. Esse aprofundamento, provavelmente, caracterizaria o que chamado comportamento de uso da informação, de acordo com Wilson (2000). O aprofundamento nesse sentido poderia oferecer algumas respostas de quais ações físicas e mentais são necessária para que a informação encontrada venha a integrar a estrutura de conhecimento do usuário da informação. Igualmente é possível que se pudesse descrever que características do material recuperado afetaria o modo como o usuário encara o conteúdo e dele faz uso.

O aprofundamento da interação do usuário com o material encontrado requer reconhecer que entre a especificação inicial do usuário e o comportamento de mudanças das especificações ocorrem ações mentais (WILSON, 2000), i.e., processos cognitivos (BELKIN, 1990), que determinam se e como informações são incorporadas nas estruturas de conhecimento pré-existentes. Por essa razão, tal aprofundamento implica em compreender os processos cognitivos envolvidos na interação usuário e material recuperado. Acredita-se que essa compreensão é de interesse da Ciência da Informação, conforme realçado por Belkin (1990).

Acredita-se que estudos objetivando a compreensão da interação usuário-texto possam integrar a pesquisa sobre comportamento de uso da informação. O levantamento da pesquisa nessa área evidencia temas diversos. Por exemplo, há estudos em que se investiga o uso da informação por gestores em processos como tomada de decisão (PEREIRA, 2010). Em outro trabalho, o objetivo é verificar se e como a pesquisa em comportamento humano informacional é citada na própria área e em outras (MCKECHNIE; GOODALL; LAJOIE-PAQUETTE; JULIEN, 2005). A pesquisa em comportamento de uso da informação também demonstrou interesse em avaliar como a informação encontrada na Web é organizada para ser utilizada novamente (JONES; DUMAIS; BRUCE, 2002).

Embora Belkin (1990) assinala ser de interesse da Ciência da Informação o entendimento da interação usuário-texto, parece que essa ênfase tem recaído no entendimento da interação do usuário com sistemas ou mecanismos de busca e recuperação de informação. Conforme assinala Meadows (2008), em sua avaliação da pesquisa no Reino Unido, a atenção, no que concerne à essa ciência, tem recaído em recuperação e busca da informação. Em consonância com essa afirmação, Pettigrew *et al.* (2002) chama a atenção para o fato de que as razões, os resultados e as dificuldades enfrentadas no uso do material recuperado têm ficado à margem do interesse de pesquisadores da área.

Na impossibilidade de verificar dentro da literatura de Ciência da Informação aprofundamento do conceito de texto, a próxima seção é dedicada a apresentar as construções teóricas sobre esse conceito dentro da teoria de compreensão do texto na Psicologia Cognitiva. Além disso, busca-se realçar de que modo tais concepções se aproximam daquelas do arcabouço conceitual da abordagem do ponto de vista na Ciência da Informação. Com isso, busca-se compreender a interação entre o texto, como modo pelo qual informação é transmitida, e o receptor dessa. Que características de um e de outro descrevem a relação estabelecida entre eles? Além disso, que utilidade os desenvolvimentos dessa teoria tem para investigações de interesse da Ciência da Informação, em especial naquelas em que a interação entre usuário e texto, dentro e fora do ponto de vista cognitivo, é ressaltado?

2.3.2 O texto e sua estrutura

Um texto é um conjunto organizado de proposições, cujo ordenamento deve-se às várias relações semânticas estabelecidas entre tais proposições. Essas relações podem tanto vir explicitamente indicadas no texto, quanto podem também ser inferidas a partir do conhecimento específico ou geral do leitor, enquanto realiza a interpretação (KINTSCH; VAN DIJK, 1978).

Embora o termo 'proposição' seja também utilizado na lógica, em modelos como o Referencial de Kintsch e Van Dijk (1978) e o Construção-Integração de Kintsch (1988) ela é concebida com um sentido diferente (PERRIG; KINTSCH, 1985; KINTSCH, 1998). Nesses, proposição é composta de um predicado ou termo relacional e um ou mais argumentos (KINTSCH; VAN DIJK, 1978; KINTSCH, 1998;

WHITTEN, GRAESSER, 2003). Portanto, uma proposição é um esquema do tipo predicado-argumento (KINTSCH, 1998), na qual os predicados integram a estrutura superficial do texto e na qualidade de verbos, adjetivos, advérbios e conectivos. Eles têm o poder de restringir a natureza dos argumentos que com se associam. Tal restrição tem origem em regras linguísticas e conhecimento de mundo geral, sendo parte do conhecimento pessoal e da memória semântica do leitor (KINTSCH, VAN DIJK, 1978). Os argumentos, por sua vez, são geralmente conceitos, substantivos, proposições embutidas (KINTSCH; VAN DIJK, 1978; GRAESSER, SINGER, TRABASSO, 1994) e também preposições (WHITTEN, GRAESSER, 2003). Eles desempenham o papel de preencher diferentes funções semânticas, tais como agente, objeto ou objetivo no texto (KINTSCH; VAN DIJK, 1978). Uma proposição, composta de predicado-argumento, constitui uma unidade de proposição, ou seja, uma proposição atômica (KINTSCH, 1998).

Proposições são constituídas de conceitos (KINTSCH; VAN DIJK, 1978), podendo formalmente ser tratados de modo idêntico (KINTSCH, 1988). Com elas se representa a unidade básica de significado da linguagem (KINTSCH, 1998). É por meio dela que se representa, de modo particular, um evento, ação, estado ou objetivo estabelecido no texto (WHITTEN; GRAESSER, 2003). A organização das proposições na mesma ordem com que são expressas no texto faz surgir a base textual. Isto é, a ordenação das proposições na mesma sequência das palavras no texto as quais correspondem aos predicados proposicionais (KINTSCH; VAN DIJK, 1978).

Proposição não se confunde com sentença visto que essa última pode ser composta de uma ou mais proposições atômicas subordinadas por um significado proposicional central (GRAESSER; SINGER; TRABASSO, 1994). Uma sentença simples pode ser representada por uma proposição complexa, ou seja, proposições incorporando proposições. Isso porque o conteúdo da proposição, seu predicado e seus argumentos, é o que caracteriza a estrutura semântica interna da sentença (KINTSCH, 1994). Pode ser o caso, por exemplo, de um predicado com vários argumentos, circunstâncias de tempo e local e modificadores opcionais (KINTSCH, 1998).

Base textual

Conforme visto, a compreensão do texto envolve além da estrutura superficial, também a base textual e o modelo da situação. Tais conceitos oferecem três níveis de análise das relações existentes numa rede proposicional. Nesse contexto, a base textual é uma estrutura coerente, estabelecida em uma sequência linear ou hierárquica de proposições (KINTSCH; VAN DIJK, 1978) que são diretamente derivadas do texto (KINTSCH, 1998). Isto é, ela retrata a informação conforme expressa, obedecendo a organização e estrutura dada pelo autor do material (MCNAMARA *et al.*, 1996), embora ignore a redação e a sintaxe no texto (WHITTEN; GRAESSER, 2003). Porém, a base textual não se limita às proposições explícitas visto que às vezes somente é possível conectá-las pela adição de informação, isto é, por meio de inferências. Por outro lado, a construção da base textual pode requerer a exclusão de informações consideradas irrelevantes (WHITTEN; GRAESSER, 2003).

A base textual, isto é, a estrutura semântica de um texto, consiste também da microestrutura (estrutura local) e da macroestrutura (estrutura global). Tais estruturas se relacionam por meio de regras de mapeamento semântico específico, i.e., as macro-regras (KINTSCH; VAN DIJK, 1978). O resultado é uma rede inter-relacionada de proposições que configura a representação local, global e bem estruturada do texto na memória episódica na forma de uma rede proposicional coerente. Com base nessa representação várias atividades podem ser realizadas, tais como verificação de afirmações sobre o que foi lido, respostas a questões sobre o texto, bem como sua recordação e sumário (MCNAMARA *et al.*, 1996).

A microestrutura é a estrutura local do discurso na forma de uma estrutura das proposições individuais e suas relações (KINTSCH; VAN DIJK, 1978). Em outras palavras, ela é a informação sentença por sentença, suplementada por e integrada com informação da memória de longo prazo (KINTSCH, 1998). Consiste de proposições complexas compostas pelo texto e suas inter-relações.

Por sua vez, a macroestrutura possui natureza mais global um vez que constitui o discurso como um todo (KINTSCH; VAN DIJK, 1978). Ela caracteriza-se por ser um conjunto de proposições ordenadas hierarquicamente que representam a estrutura global do texto, isto é, a estrutura de tópicos principais e subordinados derivada da microestrutura (KINTSCH, 1994; 1998; WHITTEN; GRAESSER, 2003).

Por essa razão, a macroestrutura é o conjunto de proposições mais adequado como indicação do sumário do texto (WILLIAMS, TAYLOR, CANI, 1984). Pode ocorrer de ela ser diretamente sinalizada, na forma de título, capítulos, tópicos, subtópicos, mas frequentemente a macroestrutura precisa ser inferida pelo leitor (KINTSCH, 1998; WHITTEN; GRAESSER, 2003). Uma vez que ela é o principal aspecto da representação do texto em casos de conflito, isto é, na presença de informação contraditória à macroestrutura, esta prevalece sobre aquela, sendo tal informação negligenciada ou suprimida (WHITTEN; GRAESSER, 2003).

O que difere a microestrutura da macroestrutura é a execução de macro-operações que utilizam informação das microestruturas como *input* e as transforma em *outputs* na forma de informações nas macroestruturas. De um modo geral, tais operações consistem de eliminação, generalização e construção de proposições. Note-se que eliminar aqui não significa apagar da memória, mas tão somente da macroestrutura, de modo que é possível sua recuperação posteriormente. Macro-operadores, portanto, reduzem e organizam informação da microestrutura, descrevendo o mesmo fato sob uma perspectiva mais global. Devido à sua natureza abstrata baseada na relação da vinculação semântica eles preservam a realidade e o significado conforme a microestrutura construída (KINTSCH; VAN DIJK, 1978).

Modelo da situação

A construção da base textual não assegura necessariamente o entendimento em nível mais profundo (MCNAMARA *et al.*, 1996). Somente em casos raros o resultado da compreensão é uma base textual pura (KINTSCH, 1994; 1998). Normalmente a compreensão de um texto demanda que a informação que dele se extrai seja elaborada pelo conhecimento prévio do leitor para, na sequência, ser incorporada à sua estrutura de conhecimento (KINTSCH, 1994; 1998; MCNAMARA *et al.*, 1996). Isso significa, por exemplo, a produção de inferências ativas que possibilitem conectar o texto com seu conhecimento prévio (MCNAMARA *et al.*, 1996). Desse modo, a interpretação do texto é pessoal por se relacionar à informação previamente armazenada na memória de longo prazo daquele leitor específico. A estrutura completa, correspondendo ao nível mais profundo de entendimento, é chamada de modelo da situação. Em suma ela é composta pelas

proposições derivadas do texto (base textual) e pelas proposições vindas da memória de longo prazo (KINTSCH, 1994; 1998).

Com o modelo da situação tem lugar a representação mental de pessoas, cenários, ações e eventos que são explicitamente mencionados pelas orações do texto ou inferidos pelo conhecimento de mundo do leitor (GRAESSER *et al.*, 1994). Trata-se do conteúdo não linguístico e referencial sobre o qual o texto versa, organizado hierarquicamente, em cadeias causais, objetivos hierárquicos, regiões espaciais e outras dimensões da realidade. Por exemplo, o modelo da situação para uma história seria um micro mundo mental com personagens e seus traços, cenários, ações e eventos organizados em um enredo. Já o modelo da situação para texto técnico de apresentação de um equipamento deveria descrever seus componentes, modo de funcionamento e de uso (WHITTEN; GRAESSER, 2003).

Em síntese, é relevante observar os seguintes aspectos em relação à estrutura textual. Primeiro, o código superfície preserva a redação e sintaxe da oração. O leitor normalmente retém o código superficial apenas das mais recentes orações a menos que aspectos do código superficial tenham importante repercussão no significado. A base textual contém proposições explícitas no texto mantendo somente a forma essencial para preservar o significado, mas não a redação e a sintaxe exatas. A base textual também inclui um pequeno número de inferências necessárias à construção da coerência local. O modelo da situação é o conteúdo ou o micro mundo sobre o qual o texto se refere. O modelo da situação para uma história refere-se às pessoas, configuração espacial, ação e eventos em um micro-mundo mental. Este micromundo é construído inferencialmente através das interações entre o texto explícito e o conhecimento de mundo do leitor. Além disso, inclui-se ainda a esses três níveis de representação, o que os psicólogos normalmente reconhecem como representações e processos em outros dois níveis, que são os níveis de comunicação e de gênero do texto. O nível de comunicação refere-se ao contexto comunicativo pragmático dentro do qual o texto está envolvido. Assim, o escritor prepara o texto para comunicar ideias e os narradores de história para comunicar episódios para os leitores. Em respeito ao gênero do texto, analistas do discurso tem identificado muitas categorias e subcategorias de gêneros de textos, tais como narrativa, exposição, descrição, persuasão, piadas, entre outros. Assim, todos cinco níveis contribuem para as representações que leitores constroem

durante compreensão. Além disso, é uma profunda atenuação dizer que esses vários níveis interagem com outros de modos complexos que não são bem compreendidos (GRAESSER; MILLIS, ZWAAN, 1997).

2.3.4 Compreensão do texto – noções gerais

Embora se trate de atividade cognitiva corriqueira para maioria das pessoas, a leitura de um texto envolve vários processos. Esses podem ser sumarizados em três níveis, quais sejam: palavra, base-textual e o modelo do discurso ou da situação. No primeiro nível o leitor decodifica palavras a partir de símbolos abstratos e acessa seus significados. No nível da base-textual ele identifica os papéis desempenhados pelos principais componentes, formando unidades de ideias ou proposições pelo relacionamento entre predicados e argumentos. Então, no terceiro nível, o modelo do discurso é construído a partir das unidades de ideias organizadas dentro de sentenças e integradas através de sentenças anteriores com o conhecimento prévio (MILLER; GAGNE, 2008).

Um dos mais importantes aspectos discutidos na compreensão do discurso é o conhecimento, uma vez que ele restringe a construção da representação do texto, proporcionando parte do contexto dentro do qual o discurso é interpretado (KINTSCH, 1988). Conforme visto, o entendimento mais aprofundado do texto, isto é, o modelo da situação, resulta da interação entre o texto e o conhecimento prévio do leitor (KINTSCH, 1994). Na compreensão do discurso o conhecimento sobre textos e o pacote de conhecimento de mundo é visto como uma rede de nós interconectados por arcos relacionais (GRAESSER *et al.*, 1997, KINTSCH, 1994; 1998). Portanto, uma das fontes de dificuldade na compreensão do discurso é a quantidade [e qualidade] do conhecimento prévio (GRAESSER *et al.*, 1997). Do mesmo modo, processos que dependem da compreensão do texto também são afetados pelo conhecimento prévio do leitor em termos de interpretação do texto, como é o caso da resolução de problemas (CUMMINS *et al.*, 1988).

Em modelos como os de Kintsch (1994), o conhecimento é visto como uma rede de proposições, denominada de rede de conhecimento. Os nós da rede são proposições, esquemas, estruturas, *scripts*, regras de produção. Nessa rede, as conexões não têm rótulos e variam em força, de modo que ela é um tipo de rede associativa. O significado de um nó decorre de sua posição na rede, sendo derivado

da força com a qual o nó está conectado aos seus vizinhos imediatos e mediatos (KINTSCH, 1998).

Devido à limitada capacidade da memória de trabalho⁵, algum nó em algum momento tem apenas uns poucos vizinhos e conseqüentemente seu significado é disperso. Entretanto, ele pode ser prontamente elaborado, quase que sem limite e em muitas direções diferentes, conforme demandado pela situação. A elaboração se vale do fato de que a maioria dos nós na rede de conhecimento está conectada por meio de *links* poderosos e estáveis – estruturas de recuperação – a outros nós que podem ser trazidos para dentro da memória de trabalho. Assim, todo significado complexo pode ser gerado automática e facilmente, embora em algum momento particular apenas uns poucos nós podem estar ativos na memória de trabalho. (KINTSCH, 1998).

A compreensão de textos requerer do leitor a execução de vários processos mentais tais como: a identificação do sentido das palavras no texto, a transformação de sentenças em proposições, a inferência de informação não explícita mas necessária à compreensão, a execução de macro-operadores na construção da macroestrutura do texto, entre outros (KINTSCH, 1988). Nesse processo são construídas representações multi-níveis (GRAESSER *et al.*, 1994) que necessariamente envolvem os componentes superficiais do texto – palavras, frases, relações linguísticas entre elas –, a base textual e o modelo da situação construídos pelo leitor (KINTSCH, 1994). Além disso, a compreensão requer do leitor conhecimento prévio que lhe permita elaborar, i.e., assimilar, a informação extraída do texto (GRAESSER *et al.*, 1994; KINTSCH, 1994).

Além disso, pesquisadores do discurso têm no processo de compreensão do texto a noção de harmonia, i.e., congruência, compatibilidade e sincronia. A harmonia textual pode ser vista por duas perspectivas: a coerência global do texto e a compatibilidade entre o autor, o texto e o leitor. Assim, compreensão é atingida quando há harmonia na organização das ideias articuladas no texto e também entre as representações do significado pretendido pelo autor, o texto explícito e o significado construído pelo leitor. Um texto incoerente e mal especificado não é bem sucedido na função de transmitir informação do autor para o leitor (GRAESSER *et al.*, 1994).

⁵ O conceito de memória de trabalho, devido a sua relevância para o presente estudo, será discutido oportunamente em seção própria.

Nesse sentido, compreender um texto demanda representação a partir de seus elementos, aspectos ou padrões estruturais explícitos no texto. Tal representação é influenciada por vários fatores que de um modo geral podem ser vistos como pertencendo a duas classes distintas: as propriedades do texto – organização dentro de tópicos, sub-tópicos e sentenças, entre outros – e as propriedades do leitor – conhecimento de domínio específico e habilidades gerais de leitura, entre outros (WHITTEN; GRAESSER, 2003).

Os modelos apresentados a seguir representam explicações adicionais de como ocorre, em nível de processos cognitivos, a interação do leitor com o texto de modo a culminar na compreensão da mensagem contida no segundo. Inicialmente é apresentado um modelo geral de compreensão do discurso, seguindo-se com dois modelos de compreensão aplicáveis a problemas de aritmética. Embora o presente trabalho verse sobre a compreensão envolvida nos problemas de Física, na ausência de modelo que se aplique especificamente a essa situação, acredita-se que tais modelos possam oferecer subsídios na proposição do que se segue.

2.3.5 Modelos de compreensão do texto

Há vários modelos que explicam o processo de compreensão de textos. Um dos mais relevantes é o Modelo Referencial desenvolvido por Kintsch e Van Dijk (1978), com o qual se oferece explicações adicionais dos processos envolvidos na compreensão do texto. Em linhas gerais, o modelo é fundamentado na representação da estrutura semântica do texto ao invés do texto em si, cuja notação:

- a) possibilita separar aspectos do texto que são importante (conteúdo semântico) e desconsiderar os que não são (e.g., estrutura superficial);
- b) disponibiliza a proposição como unidade adequada no estudo de processos de compreensão;
- c) simplifica a pontuação em protocolos experimentais já que estabelece razoavelmente classes equivalentes inequívocas dentro das quais paráfrases podem ser tratadas como intercambiáveis.

Essencialmente, o modelo refere-se a três conjuntos de operações mentais específicas subjacentes aos processos que ocorrem durante a compreensão do texto e a produção de recordações e de protocolos de sumários. O primeiro conjunto descreve a organização dos elementos significativos do texto, formando um todo

coerente. Alguns desses elementos sofrem múltiplo processamento de modo a resultar em retenções diferenciais na memória. O segundo conjunto de operações transforma o significado completo do texto em sua essência. Finalmente, o terceiro conjunto resulta em um novo texto extraído da memória e que representa o processo de compreensão (KINTSCH; VAN DIJK, 1978).

O modelo se aplica ao processo de compreensão tanto em se tratando de leitura quanto de audição. Os autores reconhecem que embora a compreensão em geral seja uma experiência simples, no modelo é assumido que compreender requer processamentos múltiplos operando serial e paralelamente. Contudo, mesmo que tais processos sejam complexos, se sobrepondo e interagindo entre si, não sobrecarregam os recursos do sistema. Tais recursos somente são cruciais quando se torna necessário armazenar informação na memória e na produção de resposta.

Uma das suposições do modelo é que a verificação relativa à coerência referencial e a adição de inferências não podem ser executadas na base textual de uma única vez devido às limitações da capacidade da memória de trabalho. Nesse sentido, os autores assumem que o texto é processado sequencialmente da esquerda para a direita no caso de leitura, ou na ordem temporal de apresentação no caso de audição. O *input* são fragmentos⁶ compostos de várias proposições (*n*), processadas juntas em ciclos de processamento do texto. O tamanho de cada fragmento, isso é, o número de proposições processadas em cada ciclo dependerá das características superficiais do texto, bem como das características do leitor (KINTSCH; VAN DIJK, 1978).

Interessante notar que no modelo é proposto que o processo ocorre em ciclos e que a cada novo ciclo os fragmentos entrantes no processamento são comparados em busca de relação com o conjunto de proposições já selecionadas e armazenadas no *buffer* da memória de curto prazo, que comporta quatro proposições. Havendo a sobreposição o novo fragmento é aceito como coerente com o texto prévio. Do contrário, é realizada busca que envolve todas as proposições, tanto das armazenadas na memória de longo prazo quanto das que constam do texto, o qual pode ser relido. Se a busca resultar em uma proposição que compartilhe pelo menos um argumento com o fragmento entrante, esse é aceito e o processamento continua. De outro modo, tem lugar o processo de inferências,

⁶ *Chunks* no original.

com o qual se pode adicionar proposições necessárias à conexão do material entrante com o já processado. No modelo é assumido que o processo de busca consome recursos. Do mesmo modo, o processo de inferências também sobrecarrega os recursos do leitor, contribuindo significativamente para a dificuldade de compreensão (KINTSCH; VAN DIJK, 1978). Contudo, como se verá posteriormente, leitores com domínio mais profundo do assunto do texto podem se engajar em processamento mais ativo da informação quando da construção da base textual quando atuam sobre textos menos coerentes.

Segundo o modelo, normalmente a compreensão é um processo totalmente automático, e, portanto, consome poucos recursos. Porém, caso o leitor tenha que recuperar um referente que não esteja mais disponível na memória de trabalho, o processo automático é interrompido. Recuperar conscientemente o referente na memória de longo prazo é um processo que consideravelmente demanda recursos, tornando a leitura mais difícil. Portanto, a compreensão de textos que requerem operações demandantes de recursos é afetada em relação ao tempo de leitura ou o desempenho na compreensão do texto, pois há um *trade-off* entre esses dois aspectos.

Por fim, outro aspecto relevante do modelo diz respeito à legibilidade, sendo essa entendida com a interação entre o texto e as capacidades de processamento da prosa do leitor (MILLER; KINTSCH, 1980). No modelo, legibilidade é influenciada pelo tamanho do *input* por ciclo e pela capacidade da memória de curto prazo. Além disso, esses fatores dependem da estratégia de seleção adotada, já que ela determina quais proposições em cada ciclo são armazenadas no *buffer* de curto-prazo e posteriormente conectadas com o próximo conjunto de proposições processadas. Neste sentido, se o leitor escolhe estratégia de seleção pobre, possui um *buffer* de capacidade restrita e está lendo material não familiar, é provável que tenha todo tipo de problemas. Porém, um bom leitor em face do mesmo texto poderia tê-lo visto como facilmente legível. Em suma, a legibilidade não deveria ser pensada como uma propriedade do texto, mas como interação texto-leitor.

O objetivo em apresentar o Modelo Referencial de Kintsch e Van Dijk (1978) foi oferecer uma ideia geral da forma como ocorre, em nível de processos cognitivos, a compreensão de um texto. A seguir é apresentado o modelo de Kintsch e Green (1985) que versa especificamente sobre a compreensão envolvida na resolução de problema.

O modelo de Kintsch e Greeno (1985) lida com a interação entre compreensão de texto e resolução de problemas. Ele é erigido com fundamento na teoria geral de compreensão de texto de Kintsch e Van Dijk (1978), Van Dijk e Kintsch (1983 *apud* KINTSCH; GREENO, 1985) e na ideia de conhecimento semântico requerido na representação e no processo de solução de problemas proposto por Riley *et al.* (1983 *apud* KINTSCH; GREENO, 1985). No modelo, os autores abordam a resolução de problemas aritméticos verbais, cuja representação serve de base para a escolha entre operações tais como adição, subtração ou contagem de objetos.

O modelo consiste dos conjuntos de estruturas de conhecimento e do conjunto de estratégias que tornam possível o uso de tais estruturas na representação e solução do problema. O primeiro componente diz respeito a três conjuntos de estruturas de conhecimento utilizados na representação e solução do problema:

- a) O conjunto de estruturas proposicionais com as quais sentenças são transformadas em proposições.
- b) O conjunto de esquemas pelos quais tem lugar a representação de propriedades e relações de conjuntos e com os quais macroestruturas e modelos do problema são estabelecidos.
- c) O conjunto de esquemas para representar contagem e operações aritméticas com configuração geral. Versões específicas desses esquemas de ação são empregadas no cálculo das soluções de problemas.

Os autores enfatizam que no modelo a representação é do tipo dual, isto é, possui um aspecto da base textual e outra do problema. Enquanto a primeira é consequência do *input* textual, a segunda contém informação relevante oriunda da base textual e no formato apropriado para estratégias de cálculos com as quais se chega à solução.

Assim como no Modelo de Kintsch e Van Dijk (1978) o modelo considera a representação do problema como resultando de vários estágios de processamento da informação resultando na macroestrutura e no modelo do problema. A primeira estrutura corresponde à transformação do *input* verbal em representação conceitual de seu significado, i.e., em lista organizada de proposições. Tal macroestrutura é específica da tarefa e nela conceitos gerais e relações explicitadas no texto são

realçados. No modelo são analisados os conceitos aritméticos de conjuntos e relações entre esses os quais constituem a base textual. Já no modelo do problema se observa o conhecimento relativo à informação requerida na resolução. Por um lado, ela consta de informação inferida necessária à solução, mas que não fazem parte da base textual, por outro, dela é excluída informação considerada irrelevante à questão.

Em suma, o modelo trata das estruturas de conhecimento e dos processos necessários na construção da representação do problema sobre a qual opera a busca pela solução. Em se tratando de processos, o modelo propõe que a base textual é construída a partir das sentenças do problema que são transformadas em proposições as quais são atribuídas para determinados *slots* no modelo do problema. Outras proposições são inseridas no modelo do problema como inferências obtendo-se o modelo do problema, preenchendo-se outros *slots* enquanto outros permanecem vazios. Tais processos produzem um super-conjunto o qual faz com que o modelo do problema requeira que papéis de subconjuntos sejam atribuídos a outros conjuntos na sua representação. Esses papéis se encontram no modelo do problema e não na base textual porque são inferidos a partir de esquemas e não da base textual. Consequentemente, uma vez preenchidos todos os *slots* do super-conjunto e em face do objetivo de encontrar a quantidade do super-conjunto, é desencadeada a estratégia de cálculo que proporciona a resposta para o problema.

No que se refere ao conhecimento, é proposto que um esquema para representar conjuntos é fundamental. A representação desse constitui-se de quatro atributos. O primeiro é o *slot* 'objeto', no qual a intenção do conjunto é expressa, i.e., ele traz um substantivo comum demonstrando os tipos de objetos contidos no conjunto. Outro *slot* é 'quantidade' que contém a cardinalidade, i.e., indicativo de quantidades no conjunto, caso seja dada numericamente. Ou ainda, a cardinalidade informa termos tais como ALGUM ou QUANTOS SÃO, espaço reservado para um número em uma declaração indefinida ou uma questão. O *slot* especificações contém informação que distingue o conjunto de outros, por meio de informações específicas tais como proprietário, localização ou tempo. E por fim, o *slot* papel envolve termos relacionais que identifica papéis em estruturas de níveis mais altos que incluem outros conjuntos.

No modelo, os procedimentos estão associados com esquemas via anexos procedimentais⁷, cujo conteúdo inclui consequências e pré-requisitos para executar o procedimento, como componentes dos esquemas. Além disso, o anexo possui sub-procedimento que identifica os argumentos do procedimento e a conexão com a sequência de ações que integram a *performance* do procedimento no todo.

Além de considerar os aspectos da representação e solução do problema, o modelo também discute diferenças na demanda de recursos no processo de compreensão atribuíveis à variação nos tipos de problemas. A discussão enfatiza especialmente as diferenças nas cargas da memória de curto-prazo. Conforme já indicado, os autores utilizam o modelo de processamento conforme em van Dijk e Kintsch (1983 *apud* KINTSCH, GREENO, 1985). Assim, na medida em que sentenças são lidas ou ouvidas, proposições são construídas *on-line*, e uma vez completas, provocam estratégias de construção de conjuntos. Essas fazem surgir o conjunto-esquema apropriado em cujos *slots* tais proposições processadas previamente são alocadas. Por outro lado, proposições formadas após um conjunto esquema ser estabelecido são atribuídas ao esquema existente adequado ou mantidas no *buffer* da memória de curto prazo até que surja um esquema para o qual elas possam ser atribuídas.

A formação de um novo conjunto desencadeia para o esquema previamente ativado o seu deslocamento do *buffer* ou a sua incorporação do como componente de um esquema de mais alta ordem que acaba de ser formado, como por exemplo um esquema do tipo SUPER-CONJUNTO. Ocorrendo o último caso, um novo fragmento de mais alta ordem ocupará o *buffer* da memória de curto-prazo até que uma unidade não relacionada a ele ser gerada. Os fragmentos deslocados do *buffer* são armazenados na memória textual episódica⁸ da qual podem ser recuperados por meio de pistas de conteúdo ou temporal, em se tratando de pequenos intervalos.

No modelo o *buffer* se caracteriza por ter conteúdo constantemente modificado e capacidade limitada embora não necessariamente fixa. Além disso, deve haver *trade-off* entre a capacidade do *buffer* e outras demandas de recursos ao sistema. Isto é, tarefas de difícil execução findam por deixar menos recursos disponíveis manter informações ativas no *buffer*. Do mesmo modo que em van Dijk e Kintsch (1983 *apud* KINTSCH; GREENO, 1985), os autores assumem, em relação à

⁷ *Procedural attachments* no original.

⁸ *Episodic text memory* no original.

capacidade do *buffer* que esse contém um fragmento simples acrescido de uma ou mais solicitações ativas para informação faltante. Ao se provocar uma das estratégias de construção de conjuntos novos fragmentos são formados e absorvem proposições formadas previamente e que não foram atribuídas a um conjunto esquema. Pode ocorrer ainda dos novos fragmentos absorverem o fragmento anterior caso aquele seja baseado em um esquema de mais alta ordem.

O nível de dificuldade do problema tem a ver, segundo Riley *et al.* (1983 *apud* KINTSCH; GREENO, 1985), com as diferentes estruturas de conhecimento demandadas por ele. Adicionalmente, Kintsch e Greeno (1985) acrescenta que um esquema apropriado desempenha um papel fundamental em face do problema. Além disso, diferenças na carga de processamento também tem sua função na questão. Isto é, à medida que o tamanho dos fragmentos que deve ser mantidos no *buffer* de curto prazo aumento e o número de solicitações ativas também aumenta, a probabilidades de solução geralmente diminui. Por outro lado, os autores destacam que não parece haver relação entre a necessidade de reativar uma unidade inativa da memória episódica e a dificuldade do problema. Contudo, eles também advertem que os textos dos problemas utilizados no modelo são bastante curtos. Desse modo pode acontecer de as pistas temporais de recuperação estarem altamente ativas quando reativação de certa unidade é necessária.

Duas características especiais de problemas verbais merecem ser destacadas. A primeira delas é que problemas dessa natureza envolvem um conjunto de pressuposições, i.e., a completude das proposições no problema. Isso significa dizer que toda informação necessária para resolver o problema encontra-se no seu enunciado. A segunda é que problemas verbais requerem estratégias especializadas na extração de informação do texto e que é relevante na solução do problema. Tal aspecto tem a ver com direcionamento dado pelo contexto do problema em relação ao significado de conceitos relacionados aos conjuntos matemáticos, suas cardinalidades e relações entre eles. Ou seja, significados outros possíveis quando do uso do conceito na linguagem natural, não são pertinentes ao contexto do problema, são ignorados.

É relevante destacar dois aspectos da extensão do modelo sugerida pelos autores. Os problemas aritméticos verbais analisados possuem enunciado curto e todo conteúdo é relevante. Uma vez que não há material estranho, não são requeridas operações de eliminação ou acréscimo de proposições de modo que

micro e macroestruturas construídas são idênticas. Porém, é possível ‘reconstruir’ tais enunciados de modo a obter matriz textual mais elaborada, assim como uma pequena história. A expectativa é que alterações dessa ordem produzam mais dificuldade no processo de resolução. Isso porque seria necessário demandar mais recursos na eliminação, construção e generalização para reduzir o texto a seus aspectos relevantes, além de poder provocar erros. Adicionalmente, o problema poderia ser representado bem diferentemente como consequência da concorrência de macro-operadores inapropriados à tarefa. Pistas formais em uma história que provocam muitos macro-operadores devem ser suprimidas na compreensão de problema aritméticos verbais. Tal supressão pode ser requerida pelo menos até que estratégias apropriadas à tarefa comecem a dominar o repertório de estratégias do aprendiz em um contexto particular (KINTSCH; GREENO, 1985).

Os autores acreditam que o modelo pode ser estendido para casos como textos técnicos visto que questões de compreensão estão envolvidas com as questões de uso em se tratando de texto. A última pressupõe a primeira embora a natureza da compreensão seja determinada pelos objetivos da leitura. Portanto, além de observar as estruturas de conhecimento e os procedimentos de resolução do problema, é preciso também identificar fatores nos *inputs* textuais que determinam o uso dessas estruturas de conhecimento e as operações executadas. A presença de um esquema SUPERCONJUNTO não dispensa que se observe que são necessárias estratégias para gerar tal estrutura a partir de um dado enunciado. Mais do que isso, o emprego dessas estratégias devem ser suficientemente automatizado a fim de que recursos mentais suficientes estejam disponíveis quando é apresentado um problema incompleto. Nesse contexto, erros podem refletir tanto a falta de conhecimento como também evidenciar a capacidade limitada de processamento da informação de organismos humanos.

O modelo Construção-Integração de Kintsch (1988) assume que as estratégias surgem inadvertidamente sempre que houver apoio nesse sentido. Todavia, no processo de integração algumas são eliminadas por falta de pertinência à situação. Consequentemente, o problema é resolvido quando um esquema superordenado é mais fortemente ativado que suas alternativas, desencadeando os procedimentos aritméticos desejados. Adicionalmente, há três formas de estratégias aritméticas consideradas no modelo. As estratégias que formam hipóteses sobre conjuntos. Aquelas que determinam a natureza das conexões entre várias

proposições textuais e as hipóteses sobre conjunto. E por fim, estratégias que formam esquemas aritméticos superordenados com base nos quais se executam cálculos aritméticos.

O modelo também assume que a compreensão de texto é realizada em ciclos, conforme em Kintsch e Van Dijk (1978). Dentro da perspectiva do modelo Construção-Integração, cada ciclo resulta numa nova rede, incluindo o que foi executado no *buffer* da memória de curto prazo dos ciclos anteriores. Terminada a construção da rede, o processo integração assume o controle espalhando a ativação até que o sistema se estabilize.

Além da descrição do funcionamento do modelo, o autor discute também algumas questões e exemplos sobre inferências, contexto e especificidade da questão. Destaca-se esse último devido à importância do tema para o trabalho em curso. A especificidade da questão diz respeito à influência que especificações redundantes pode ter no desempenho na resolução de problemas aritméticos. Isto é, super especificar um conjunto pode proporcionar modos adicionais de se referir a ele. Entretanto, especificações redundantes aumentam o tamanho do texto e por consequência aumenta também a probabilidade de que algumas informações não estejam disponíveis na memória ativa quando for requerida. Ou seja, à medida que o texto é processado as proposições entram e algumas não são mantidas na memória de curto prazo. Desse modo, a forma como a questão é especificada, isto é, a 'pergunta' que é feita, tem consequências na *performance* da tarefa. Assim, questões que estão em acordo com o esquema ativado para o problema não oferecerem maiores dificuldades, uma vez que a própria questão pode reforçar a hipótese levantada. Por outro lado, questões menos claras em relação às informações do enunciado podem representar dificuldades para a solução. Tal dificuldade é agravada inclusive porque informações das proposições já processadas que pudessem ajudar a identificar o que está sendo requerido podem não mais estar disponíveis na memória ativa. Além disso, as hipóteses ativas para o problema podem direcionar a solução em sentido diferente do que o apropriado para oferecer solução de acordo com a questão do problema. (KINTSCH, 1988).

No entanto, conforme indicado pelo autor, tais predições não são inequívocas. Pode ocorrer de o solucionador ter *buffer* maior e haver menos material interveniente, de modo que informações críticas tenham sido mantidas na memória ativa e possam auxiliar na solução do problema. Além disso, conforme indicado em

Kintsch e Van Dijk (1978), o solucionador pode simplesmente reler o texto do enunciado, ou ainda realizar uma busca de reintegração, a fim de trazer à memória ativa tais informações. Em suma, questões mais específicas rendem melhores *performances*. Contudo, Kintsch (1988) salienta que a discussão de como material irrelevante ou redundante afeta o nível de dificuldade na resolução de problema ainda era um assunto complexo. Tais materiais poderiam não surtir efeito algum, como também poderiam ser úteis caso colaborassem na explicitação do conjunto. No entanto, o modelo por ele proposto era capaz de lidar com tais questões.

2.4 Estrutura de Conhecimento

Uma lacuna identificada na literatura da abordagem do ponto de vista cognitivo na Ciência da Informação é discussão mais aprofundada do conceito de estrutura de conhecimento e da sua relação com informação. Ingwersen (2002) argumenta que informação resultado do processamento em um sistema de conceitos e categorias. Brookes (1980) concebe informação como uma parte na estrutura conceitual do indivíduo. No entanto, não se verificou na literatura desse campo de pesquisa aprofundamentos no sentido de descrever estrutura de conhecimento como modelo, em termos de sistema e de as operações que ela executa. Portanto, considerando o objetivo do problema de pesquisa proposto, na próxima seção se discute o conceito estrutura de conhecimento dentro da abordagem do processamento da informação, evidenciando explicações da forma como a mesma é adquirida e a sua relevância em processos cognitivos tais como resolução de problema e aprendizagem. Além disso, também se discute o conceito de *expertise*, e de como a literatura tem relacionado esse fator como preditor de desempenho em atividades cognitivas humanas.

2.4.1 Conceitos de conhecimento e de conceito

Antes de discutir estrutura de conhecimento é útil oferecer uma breve noção do conceito de conhecimento. Embora conhecimento possa ser discutido sob a ótica da Filosofia, Sociologia ou Economia (MARTIN, 2008), no presente trabalho tal conceito é inteiramente baseado nas teorias dentro da abordagem do processamento da informação na Psicologia Cognitiva.

Conhecimento pode ser conceituado como um produto do pensamento (SCHROYENS, 2005), ou uma coleção de fatos ou procedimentos guardados na memória (WHITTLESEA, 1997). Ele pode ser concebido também como um conjunto seguro de crenças que integra abstrações das experiências em capacidade de ação efetiva (MACFARLANE, 1998). O conhecimento desempenha papel central nos processos cognitivos (BARSALOU; HALE, 1993; BARSALOU *et al.*, 2003), sem o qual qualquer processo mental – percepção, atenção, categorização, linguagem, tomada de decisão, planejamento, resolução de problemas e raciocínio em geral – não se tornaria efetivo (SMITH; KOSSLYN, 2008). Nos processamentos *on-line* da informação proveniente do meio, o conhecimento guia a percepção, a categorização e as inferências. Já nos processamentos *off-line*, o conhecimento permite a reconstrução de memórias, fundamenta os significados das expressões linguísticas e proporciona as representações a serem manipuladas nos pensamentos (BARSALOU *et al.*, 2003).

O conhecimento pode ser classificado em declarativo ou não declarativo, distinguidos entre conhecimento explícito e implícito. A dicotomia é baseada na consciência do conhecimento, isto é, os indivíduos são conscientes de que eles aprenderam conhecimento explícito, ao mesmo tempo em que são inconscientes de terem adquirido conhecimento implícito. O conhecimento declarativo é aquele que pode ser declarado, sendo assim acessível à consciência. Por sua vez, conhecimento implícito, ou não declarativo, é o conhecimento que o indivíduo tem sem, contudo, estar consciente da fonte desse conhecimento, como ocorre, por exemplo, com o conhecimento semântico. No caso do conhecimento semântico, alguém pode ser consciente de ter aprendido algo embora inconsciente da circunstância do aprendizado (KNOWLTON, 1997).

Outro conceito relevante nas teorias de conhecimento é ‘conceito’. Nas teorias de organização e representação conhecimento o conceito de ‘conceito’ pode ser entendido como uma coleção de características de algum tipo (SMITH; MEDIN, 1981), ou representações mentais de certo tipo relacionadas à categorias (MURPHY; MEDIN, 1985). Na teoria de compreensão de texto o termo ‘conceito’ relaciona-se também à proposição (KINTSCH, 1988). Obviamente, tal constructo é controverso. Assim ele pode ser idealizado como algo independente da mente, numa visão herdada de Platão. Ou ainda, como relações causais entre o mundo e a

mente, de acordo com a visão dos naturalistas (BARSALOU *et al.*, 2003). Conceitos podem representar uma forma de taquigrafia⁹ para uma teoria mais elaborada, podendo ser invocado quando eles têm uma relação explicativa suficiente com objetos, mais do que simplesmente correspondendo aos atributos de tais objetos (MURPHY; MEDIN, 1985). Em resumo, psicólogos geralmente assumem que conceito é o que faz a mediação da conexão entre as palavras e as coisas às quais elas se referem, sendo representações sobre as quais atuam o pensamento e o raciocínio. Por consequência, conceitos são geralmente entendidos como descrições dos membros de certas categorias e ao se explicar a natureza de conceitos também se explica a natureza do significado (KOMATSU, 1992).

2.4.2 Aquisição do conhecimento

A aquisição de conhecimento é produto do processo de aprendizagem (KNOWLTON, 1997) no qual o conhecimento prévio e sua organização desempenha importante papel (ST CLAIR-THOMPSON; OVERTON; BOTTON, 2010). Tal importância é devida à transferência de experiências anteriores importantes para a aprendizagem de algo novo. Por outro lado, a ausência de conhecimento prévio dificulta e torna mais lenta a aprendizagem. Portanto, se de algum modo o viés resultante do conhecimento prévio pode parecer indesejado, de outro, tal viés pode contribuir para que a aprendizagem seja mais eficiente. Isso porque o conhecimento prévio gera expectativas sem as quais se despenderia muito mais tempo com informação que não é importante (HEIT, 1997).

A aprendizagem, portanto, parece ser mais fácil e bem sucedida quando o aprendiz acessa conhecimento relevante sobre o assunto, usando-o na integração significativa de informação nova. A integração de informação nova com conhecimento prévio relevante auxilia os aprendizes na construção de conexões nas experiências pessoais e na redução da fragmentação da compreensão (LAND; GREENE, 2000). Um modo de avaliar a aquisição de conhecimento é por meio do desempenho da memória (KNOWLTON, 1997).

Pode ocorrer de o material a ser aprendido conter muita informação o que dificultaria a simples observação e recordação de tudo. Porém, uma pessoa que

⁹ *Shorthand* no original.

está aprendendo uma categoria precisa de alguns limites e vieses que a oriente quanto ao que deve observar. O aprendiz precisa descobrir como descrever observações em termos de características, pois somente nos livros pássaros vêm com legendas descritivas informando 'marrom claro' e 'vive no topo das árvores'. No mundo real tais descrições precisam ser inferidas e aplicadas pelo aprendiz (HEIT, 1997). Assim, abordagens baseadas em teoria abarcam o conhecimento que as pessoas têm sobre o mundo, incluindo suas teorias intuitivas sobre quais características são importantes de serem observadas e como elas estão relacionadas umas às outras.

Uma vez adquirido, o conhecimento passará a afetar a aprendizagem de novas categorias. Heit (1997), por exemplo, prevê quatro efeitos diferentes do conhecimento prévio na aprendizagem de novas categorias: integração, ponderação seletiva, interpretação de categorias e facilitação. O primeiro sugere que a representação inicial de uma nova categoria é baseada no conhecimento prévio, e essa representação é atualizada gradualmente à medida que novas observações são feitas. Os efeitos de ponderação seletiva ocorrem quando o conhecimento prévio leva a atender seletivamente certas características ou observações durante a aprendizagem do conceito, de modo a estreitar o espaço das hipóteses a serem consideradas. Conseqüentemente, sem tal ponderação seletiva da informação relevante, aprendizagem de conceitos seria muito lenta e difícil. Os efeitos de interpretação de características são observados em termos de o conhecimento prévio auxiliando na interpretação e representação do que é observado. Por fim, os efeitos de facilitação sugerem que alguns efeitos do conhecimento prévio são melhores descritos como sendo simplesmente facilitações gerais de aprendizagem. Parece plausível que aprendizagem sobre certos tipos de estruturas categóricas possa ser mais ou menos facilitada dependendo do conhecimento prévio acessado, isto é, dependendo do tipo de estrutura categórica que é esperada.

2.4.3 A representação do conhecimento e o modelo de esquemas

No âmbito desse estudo, estruturas de conhecimento são considerados como corpos de entendimento, modelos mentais, convicções e crenças que influenciam como os indivíduos relatam suas experiências e resolvem os problemas que confrontam cotidianamente, nos vários aspectos de suas vidas (CHI; GLASER,

1985). Tal estrutura é resultado de processo de aprendizagem, em que se adquire conhecimento nas experiências vivenciadas. Todavia, o conhecimento adquirido deve ser organizado de modo a possibilitar sua recuperação e uso. Há vários modelos para representar a organização do conhecimento: exemplares, regras, protótipos, redes semânticas, roteiros e esquemas (SMITH; KOSSLYN, 2008; STERNBERG, 2010). Com tais modelos se intenta oferecer a caracterização da forma como o pensamento é estruturado de modo a tornar possíveis avanços na busca de respostas a questões relacionados ao conhecimento (RUMELHART; ORTONY, 1982).

O modelo de esquemas como modo de representação da estrutura de conhecimento é um dos mais aceitos entre os pesquisadores da psicologia cognitiva (ST CLAIR-THOMPSON *et al*, 2010). Por essa razão, as discussões e proposições de hipóteses que se fazem no presente trabalho tem por fundamento o referido modelo, ao mesmo tempo que também o adota devido ao papel relevante que o modelo atribui ao conhecimento prévio.

A ideia de 'estrutura' relaciona-se ao esquema porque esses não são listas independentes de propriedades. Ao invés, estabelecem conjuntos coerentes de relações que conectam propriedades. Esquemas contêm muito mais informação do que aquela essencial para categorizar entidades e a qual é importante para o entendimento de eventos ao redor deles. O modelo de esquemas encontra apoio em vários aspectos da cognição ao mesmo tempo que proporciona explicações em processos tais como analogia, resolução de problemas, tomada de decisão e compreensão de textos (HINSLEY; HAYES; SIMON, 1977; CHI; GLASER; REES, 1982, SMITH; KOSSLYN, 2008; KINTSCH, 1998).

Um esquema é um estrutura cognitiva que organiza os elementos de informação de modo a armazená-los na memória de longo prazo. Funcionam como representações estruturadas que capturam informações que tipicamente se aplicam a uma situação ou evento (SMITH; KOSSLYN, 2008). A ideia de esquema está intimamente relacionada à de conceitos, vez que esquemas podem ser vistos como estruturas significativas de conceitos relacionados, podendo ambos serem considerados em vários níveis de análise (STERNBERG, 2010).

Esquemas se relacionam tanto à noção de memória de longo prazo, quanto à memória de trabalho. No que se refere à primeira, esquemas proporcionam o mecanismo de armazenamento de conhecimento. Seu desenvolvimento se efetiva

pela construção de outros mais complexos resultantes da combinação entre esquemas inferiores e superiores. A consequência desse processo pode ser observada em desempenhos superiores de alguns indivíduos (ST CLAIR-THOMPSON *et al*, 2010).

No que diz respeito à memória de trabalho, a noção de esquema como estrutura permite concebê-lo como redutor da carga nessa. Isso porque um esquema pode ser um elemento unitário ou uma porção composta de uma grande quantidade de informação a ser processada (ST CLAIR-THOMPSON *et al*, 2010). Em outras palavras, embora constituam simples unidades na memória de trabalho, podem conter uma grande quantidade de informação, aliviando a carga cognitiva (REY; BUCHWALD, 2011).

Existem esquemas para conceitos generalizados de objetos, situações, eventos, sequência de eventos, ações e sequência de ações (RUMELHART; ORTONY, 1983). Por exemplo, no âmbito da resolução de problemas, um modo de se conceber esquemas é definindo-os como estruturas que permitem ao solucionador reconhecer um estado de problema como pertencente a uma categoria particular de estados de problema, às quais estão relacionados movimentos (ou ações) particulares (SWELLER, 1988).

Esquemas não são atômicos visto que, como parte de sua especialização, contêm uma rede de inter-relações entre os constituintes do conceito em questão. Sob outra ótica, esquemas representam estereótipos de conceitos, i.e., um esquema relaciona-se a um caso particular de um conceito, assim como uma peça de teatro relaciona-se a certa representação da mesma (RUMELHART; ORTONY, 1983).

O modelo de esquemas proposto por Rumelhart e Ortony (1983) considera as seguintes características essenciais, as quais se combinam para representar o conhecimento:

- a) os esquemas têm variáveis;
- b) eles podem se ajustar uns aos outros;
- c) eles representam conceitos genéricos e
- d) conceitos representam conhecimento mais do que definições.

Inicialmente, esquemas possuem diferentes variáveis que podem estar associadas com ou limitadas por diferentes aspectos do meio em diferentes ocasiões. Por exemplo, o esquema para 'DOAR' pode ter três variáveis: o doador, o

objeto doado e o receptor, que em distintas ocasiões terão diferentes valores determinados por fatores do contexto e da situação e pelo estímulo a ser compreendido. Em segundo lugar, a estrutura de um esquema é dada em termos de relações com outros esquemas, de modo que eles podem inclusive ajustarem-se dentro deles mesmos, constituindo estruturas recursivas. A organização global resultante é hierárquica, não apenas em termo de conceitos relacionados pelas inclusões de classes, mas também de um modo mais geral. Em terceiro lugar, esquemas incorporam elementos perceptuais básicos, como a configuração das linhas que formam um quadrado. Mas também incluem níveis conceituais mais abstratos, como os que permitem dar resumos convincentes de seqüências de eventos que somente ocorrem de tempos em tempos. Por fim, os esquemas representam um conhecimento de natureza mais enciclopédico do que de definição. Não se deve pensar em esquemas como registros de 'significados de palavras', uma vez que eles representam conhecimento associado a conceitos. Conseqüentemente, não são unidades linguísticas, mas representações simbólicas abstratas do conhecimento, que são expressas e descritas linguisticamente e que podem ser utilizadas para compreender a linguagem, sem que, no entanto, sejam linguísticas por si mesmas (RUMELHART; ORTONY, 1983).

Esquemas também possuem funções em relação à compreensão, memória, inferências e estruturas de ação. Sob a perspectiva do modelo, compreender consiste em selecionar esquemas e reunir variáveis que 'explicam o material' a ser compreendido, seguindo da verificação de se estes esquemas de fato 'o explica'. Isso ocorre sempre que a situação pode ser interpretada como um exemplo do conceito que representa o esquema. Deste modo, a maior parte do processamento em um sistema baseado em esquemas consiste em descobrir esquemas que melhor expliquem a totalidade da informação entrante. Quando se encontra um grupo de esquemas que parece explicar suficientemente a informação, se diz que a pessoa compreendeu a situação (RUMELHART; ORTONY, 1983).

Além disso, eles são concebidos como poderosos dispositivos que permitir fazer inferências, isto é, fornecer predições de estímulos não observados. Assim, uma vez que se utilize um esquema na explicação da situação estímulo, esse permitir inferir aspectos prováveis da situação, os quais não são explicitamente observados. Por exemplo, se uma pessoa diz que foi ao restaurante jantar, pode-se

inferir que ela recebeu o cardápio, fez seu pedido ao garçom, e ao final pagou a conta. Tais inferências são possíveis porque o esquema RESTAURANTE tem um sub-esquema JANTAR, e uma vez que esse e seus constituintes sejam ativados servem de fonte para inferências. Similar a este, há ainda outro processo inferencial que consiste em inferir o todo pela parte. Por exemplo, ao se observar um olho se pode inferir a existência de uma face. Num terceiro tipo de inferência, variáveis não especificadas no estímulo são preenchidas. Isso como consequência das limitações das variáveis, junto ao conhecimento dos casos particulares, que permitir levantar hipóteses sobre as variáveis não especificadas, assinalando valores ausentes típicos (RUMELHART; ORTONY, 1983).

O sistema de memória no todo contém um grande número de esquemas. Em certos momentos apenas alguns deles são requeridos, de modo que a procura por um esquema candidato é orientada e sensível ao contexto. O mesmo estímulo é interpretado de forma distinta a depender das condições sob as quais a observação acontece, o que é observado e o que se espera observar. Além das expectativas que direcionam a compreensão do estímulo, o processo também conta com a convergência da informação. Isto é, a informação derivada do estímulo pode ser combinada com as expectativas para conduzir, de modo mais ou menos direto, a um esquema candidato plausível (RUMELHART; ORTONY, 1983).

Em suma, acredita-se que o Modelo de Rumelhart e Ortony (1983) ofereçam boas explicações de como o conhecimento é organizado e da sua influência nos processos de compreensão. Porém, Komatsu (1992), em seu trabalho de revisão de modelo de representação do conhecimento, faz algumas críticas ao modelo de esquemas. Ele argumenta que partindo da visão de que esquemas direcionam a coleta de informação sobre um novo exemplar, deveria ser possível predizer os efeitos das expectativas sobre a distribuição de exemplos na aquisição de conceitos. Porém, a realização de tais predições exigiria também a explicação de que esquemas, exatamente, guiam a coleta e a abstração da informação através de exemplos. Embora algumas pesquisas sobre essa questão têm sido conduzidas no que diz respeito à identificação de tendências centrais, os resultados têm sido apenas tentativos e não claros, conclui o autor.

2.4.4 Novatos e Experts

Conforme visto, esquemas podem se desenvolver, resultando em outros mais completos e complexos, com consequência no desempenho superior de alguns indivíduos (ST CLAIR-THOMPSON *et al*, 2010). Nesse sentido, a presente seção é dedicada a discutir o conceito de *expertise*, de modo a aprofundar o entendimento de como o desenvolvimento de esquemas afetam o comportamento.

A pesquisa em *expertise* desenvolvida no âmbito da Psicologia tem diversos objetivos. Um desses objetivos visa enriquecer o entendimento de processos cognitivos fundamentais que resultam de testes rigorosos das teorias de inteligência e raciocínio. Isso porque se acredita que a teoria de cognição ou raciocínio que desconsidere *expertise* está provavelmente incorreta, visto que a completude de tais teorias necessariamente depende da inclusão e explicação desse fenômeno (HOFFMAN; GILHOOLY, 1997).

A aplicação prática desses estudos pode ser vista no desenvolvimento de sistemas de processamento de informação e *interface* com usuários entre outras formas de tecnologia cognitiva, visto a relação desses com a psicologia de fatores humanos e ergonomia. Outro objetivo de longo prazo da pesquisa sobre *expertise* almeja preservar o conhecimento, por meio do uso de sistemas tecnológicos *experts* e *softwares* de aquisição de conhecimento automatizados. Some-se a esse a disseminação de conhecimento e de habilidades pela utilização de tecnologias de *design* instrucional (HOFFMAN; GILHOOLY, 1997).

Nessa perspectiva, outra contribuição prática da compreensão do comportamento do *expert* refere-se à criação de programas de treinamento mais eficazes (BILALIĆ; MCLEOD; GOBET, 2008). Outra aplicação refere-se à adaptação de sistemas de recuperação de informação ao nível de *expertise* do usuário. Por exemplo, possibilitando ao usuário especificar se a informação requerida é destinada/relacionada a iniciantes, intermediários ou *experts* no campo de conhecimento em questão (HEMBROOKE; GRANKA; GAY; LIDDY, 2005).

Expertise consiste da aquisição de várias estruturas cognitivas as quais levam ao alto nível de desempenho em atividades específicas. Estruturas cognitivas que se habilitem como candidatas durante processos cognitivos apresentam maior familiaridade com aspectos da situação de modo a facilitar a memória, melhores

representações que levam a capturar aspectos mais importantes do domínio, acesso a soluções anteriores e componentes de habilidades bem desenvolvidos (SCHUNN *et al.*, 2005). Por sua vez, o alto nível no desempenho em uma determinada atividades resultante de *expertise* está relacionado com raciocínio, memória, velocidade de pensamento (MASUNAGA, HORN, 2000). *Expertise* pode ser vista como compreendendo níveis de desenvolvimento os quais são comumente avaliados pela observação da qualidade do produto entregue (BRAND-GRUWEL *et al.*, 2005; COLE; LEIDE, 2003), do nível de desempenho (acertos/erros) na categorização e representação de problemas (CHI *et al.*, 1981; HINSLEY *et al.*, 1977), da efetividade na busca de informação em sistemas de recuperação (HEMBROOKE *et al.*, 2005).

A apresentação de uma série de tarefas a um grupo de indivíduos proporciona a mensuração de diferenças individuais estáveis referentes a diferentes níveis de *expertise*. As tarefas podem apresentar diferentes níveis de dificuldade, indo daquelas pouco desafiadoras a outras insolúveis. Por outro lado, o desempenho dos indivíduos indica o nível da habilidade deles dentro do domínio da tarefa. Portanto, em estudos em que se mensura o desempenho de diferentes níveis de *expertise*, o que se observa é uma distribuição, na qual o desempenho é muitas vezes substancialmente acima da média corrente e algumas vezes abaixo. A comparação entre *experts* e novatos na mesma tarefa propicia a verificação dos mecanismos mediadores responsáveis pelas diferenças no desempenho e, conseqüentemente, a análise desses mecanismos pela utilização de métodos de descoberta de processos e manipulações experimentais das tarefas apresentadas (ERICSSON, 2004).

Em tarefas como jogo de xadrez, digitação e execução de peças musicais identificam-se algumas características do desempenho *expert*. No xadrez, jogadores *experts* percebem rapidamente a estrutura das posições das peças apresentadas no tabuleiro, permitindo a identificação de fraquezas e linhas de ataque. Além disso, *experts* em xadrez vão se tornando hábeis na codificação e manipulação de representações internas das posições do jogo de modo a planejar as conseqüências dos movimentos, descobrir ameaças potenciais e desenvolver novas linhas de ataque. No entanto, essa superioridade somente se observa em posições regulares, conforme assinalado também por Chase e Simon (1973). Em outros domínios tais

como a digitação, a melhor medida é a habilidade de digitar rápida e acuradamente por um longo período de tempo. Já o desempenho superior em música e em muitos outros domínios manifesta-se na habilidade de controlar a própria *performance* e seus resultados (ERICSSON, 2004).

2.4.5 A diversidade no emprego do conceito de *expertise*

Assim como são inúmeras as pesquisas em *expertise*, observa-se também que o entendimento e operacionalização do conceito é diversificado. Por exemplo, no estudo de Schunn *et al.* (2005), diferentes níveis de *expertise* (novatos, intermediários e *experts*) em liderança são caracterizados pela participação de a) graduandos sem experiência militar, b) de graduandos inscritos no programa de treinamento de oficiais e de tenentes e c) de capitães do exército. Os últimos caracterizam-se ainda por terem comandado pelotões nos 5 anos que antecederam a data da pesquisa.

No âmbito da gestão do conhecimento, Van Winkelen e McDermott (2010) realizaram pesquisa exploratória qualitativa com a qual buscaram entendimento de como práticos competentes se desenvolvem tornando-se *experts* e como iniciativas de gestão do conhecimento podem ser usadas para estruturar tal desenvolvimento. Nesse trabalho, o conceito de *expert* é personificado na figura do líder *expert* reconhecido como tal dentro e fora da organização em que atua, bem como por sua habilidade no desenvolvimento de pessoas. Várias áreas de especialização foram abrangidas com a participação de 21 líderes *experts* entrevistados na coleta de dados. O conteúdo da entrevista versou sobre o desenvolvimento e manutenção da própria *expertise* e o desenvolvimento de outros profissionais no campo.

Chi *et al.* (1981), num estudo sobre categorização e representação de problemas de Física, coletaram dados sobre o desempenho de *experts* e novatos, caracterizando esses pela participação de oito estudantes de doutorado avançado e oito estudantes de graduação que havia finalizado o curso de Mecânica Clássica, respectivamente. E por fim, uma ligeira variação do conceito de *expertise* é oferecido por ChanLin (2001), o qual utilizou os conceitos de aprendizes novatos e aprendizes experientes. Os primeiros foram representados por estudantes da oitava série

enquanto os segundos eram alunos da nona série. O estudo versou sobre aprendizagem e envolveu tarefas de aprendizagem de problemas de Física.

No âmbito da CI é relevante realçar o conceito de novato empregado por Cole e Leide (2003), o qual é representado por 33 estudantes de graduação em universidade americana. No estudo não tem objetivo em promover a comparação entre novatos e *experts*. Nele o fenômeno observado era a interação apenas de novatos com sistemas de recuperação de informação na exploração de um tópico não familiar quando da necessidade de compreensão do referido tópico. Os 33 participantes eram estudantes do terceiro ano, cursando História da Guerra do Vietnam. Os desempenhos dos participantes foram avaliados por meio de ensaio que deveria ser elaborado no decorrer do referido curso.

Já no estudo de Brand-Gruwel *et al.* (2005) a operacionalização do conceito de novatos ocorreu pela participação de cinco estudantes de psicologia calouros, enquanto *experts* são representados por cinco estudantes de doutorado do último ano no campo de Tecnologia Educacional. O estudo propôs a apresentação de um guia instrucional que pudesse promover o desenvolvimento da resolução de problemas informacionais. Para tanto, recorreu-se à análise do processo de resolução de problemas por novatos e *experts* de modo a possibilitar o detalhamento das habilidades necessárias nesse processo.

Outro estudo interessante que considera *expertise* como variável independente num experimento *on-line* foi executado por Lucassen e Schraagen (2011). No estudo, *expertise* foi avaliada dentro de um modelo de confiança na informação proposto pelos autores. O experimento visava coletar dados sobre o julgamento de confiança na informação pelos usuários da informação. O domínio de *expertise* utilizado no estudo foi a engenharia automobilística e os autores recrutaram os participantes por meio de convites feitos em fóruns na internet. Assim, novatos foram arregimentados em fóruns com propósitos diversos, enquanto *experts* vieram dos fóruns para entusiastas de carros. Um questionário que antecedeu a realização *on-line* da tarefa perguntava ao participante a relação dele com atividades relativas a carros. Aquele que respondesse que tal atividade era *hobby* ou que trabalhava na indústria automobilística era categorizado com *expert*. Do contrário, o participante seria classificado como novato. No entanto, o participante ignorava a

própria qualificação dentro de uma ou outra condição, uma vez que os autores não desejavam o efeito da consciência da categoria no modo como realizaria a tarefa.

Numa perspectiva que beneficia a visão social, isto é, de interação entre sujeitos, há alguns exemplos do emprego do conceito de *expertise* nas pesquisas em Ciência da Informação, a qual parece dominante. Yuan *et al.* (2010) explorou o impacto da consciência e acessibilidade sobre a recuperação de *expertise* numa perspectiva de rede multi-nível. Nesse trabalho, recuperação de *expertise* era entendida como o saber a habilidade de dados indivíduos.

Ju (2007) investigou o papel desempenhado pelo domínio do conhecimento na interação de usuários com sistemas de informação. Domínio do conhecimento é entendido no estudo como conhecimento compostos por memória declarativa e memória procedural. Os dados foram coletados em sessões experimentais e contou com a participação de 34 estudantes, sendo estes divididos em dois grupos compostos por 17 estudantes do curso de geografia e 17 estudantes do curso de ciência da computação¹⁰. No trabalho, o autor usa de modo intercambiável os termos domínio do conhecimento e *expertise*. Essa é relativa à área de atuação, ou seja, o geógrafo é *expert* em geografia assim como o cientista da computação é *expert* em sua área. Conforme o autor, os estudantes de geografia possuíam alto conhecimento declarativo no domínio da Geografia, enquanto que os estudantes de ciência da computação possuíam alto conhecimento procedural no uso de aplicativos computacionais. Porém o estudo não discrimina a *expertise* em termos de nível de envolvimento, tempo de experiência, entre outros que pudessem indicar a condição de novato, intermediário ou avançado dentro da disciplina em questão.

O estudo experimental de Hembrooke *et al.* (2005) objetivou compreender os efeitos do domínio do conhecimento e do *feedback* na seleção e reformulação de termos em processos de busca de informação. Os autores conduziram o experimento com a participação de 41 estudantes de Comunicação os quais foram orientados *a priori* a escolherem e definirem o nível de *expertise* em relação a uma lista de tópicos. Cada participante deveria escolher dois tópicos em que se vissem como inexperiente e dois em que se julgassem versados. Uma das justificavas para

¹⁰ No texto original são usadas as expressões “*geography majors*” e “*computer science majors*”. *Majors* é interpretado aqui como um estudante especializando-se em um assunto específico, conforme definição do emprego do termo no inglês norte americano oferecida pelo *Oxford Dictionary of English* (versão on line).

a abordagem adotada é que, segundo os autores, o comportamento de busca é reflexivo da estrutura de conhecimento do usuário. Isto é, a premissa era de que a estrutura conceitual poderia ser inferida a partir dos termos que os usuários utilizam em suas estratégias de busca de informação.

Diante dessa diversidade do modo de se categorizar novatos e *experts*, interessante observar a crítica de Bilalić *et al.* (2008) baseada nos resultados de pesquisa de De Groot. Nessa o pesquisador analisou diferenças quanto a qualidade do movimento e macroestrutura de busca de solução em jogos de xadrez. No estudo, os participantes foram divididos entre dois grupos de *experts*, todos jogadores considerados acima da média, divididos entre *experts* comuns e mestres¹¹. No entanto, em vários livros-texto e artigos científicos os participantes são referidos como novatos e *experts*, embora não se trata, na perspectiva de pesquisa original, dessas condições. Além disso, como os resultados da pesquisa não evidenciam diferenças significativas entre os dois níveis de jogadores, as pesquisas costumam trazer afirmativas de que novatos e *experts* não diferem em termos macroestrutura de busca em se tratando de encontrar a solução em jogos de xadrez. Estudo posterior realizado por Bilalić e colegas (2008), no qual se procede na comparação entre jogadores categorizados como novatos pelos autores e os mestres do estudo de De Groot, revelou que há evidências significativas de diferenças de *performance* entre novatos e *experts*.

Embora revele o interesse e a relevância da compreensão dos efeitos da *expertise* numa miríade de contextos, essa diversidade de entendimento apresenta sérios riscos à execução de pesquisas. Por exemplo, Lucassen e Schraagen (2011) reconheceram que a estratégia por eles empregada para classificar os participantes do estudo entre novatos e *experts* não oferecia garantias de que fosse correta. Isso porque tal estratégia (questionário antes da tarefa, ambos realizados *on-line*) não evitaria que participantes informassem erroneamente sua condição em relação ao conhecimento de engenharia automobilística. Além disso, mesmo que não houvesse erro na informação quanto à condição do participante em relação ao setor em questão, o fato de o participante trabalhar na indústria automobilística na implica necessariamente ser conhecedor de carros ao ponto de ser reconhecido como

¹¹ *Candidate masters* ou *ordinary experts* e *grand masters* ou *super experts* no original.

expert. O profissional de *marketing* por exemplo não precisa ter, necessariamente, conhecimento sobre engenharia de carros.

No caso do trabalho de Lucassen e Schraagen (2011), os autores almejavam testar um modelo quanto à confiança na informação como resultado de três características do usuário: domínio no campo (*expertise*), habilidade informacionais e experiência com a fonte da informação. A confiabilidade, segundo os autores, está relacionada, entre outros à percepção pelo usuário quanto à acurácia do texto. Uma das hipóteses do estudo para o usuário *expert* a diminuição na acurácia da informação afeta negativamente a confiabilidade. No entanto, os resultados mostraram que mesmo ante os piores níveis na acurácia no texto (50% de erros nos conceitos apresentados), *experts* permaneceram julgando a informação como confiável, não diferindo dos novatos nesse aspecto. Uma das explicações ofertadas pelos autores para esse resultado é que possivelmente os participantes classificados como *experts* não se enquadravam como tal no campo de engenharia automobilística. Por consequência, a hipótese não foi confirmada e o modelo restou carente de mais provas em relação a esse aspecto.

Acredita-se que o problema na seleção de participantes na pesquisa de Lucassen e Schraagen (2011) está nos parâmetros utilizados pelos autores na definição dos participantes novato ou *expert*. Em outras palavras, o problema pode estar no próprio entendimento do que caracteriza diferentes níveis de *expertise* em um certo domínio do conhecimento, e nesse caso, outros trabalhos dentre os citados anteriormente podem conter erros em diversos aspectos. O mesmo problema pode ter ocorrido também em trabalhos em que se solicita ao participante para se reconhecer como novato ou *expert* sem o estabelecimento de premissas que orientem essa solicitação. Por exemplo, as pesquisas de Van Winkelen e McDermott (2010) e Hembrooke *et al.* (2005). Tal estratégia realça ainda mais o caráter subjetivo com que certos conceitos são operacionalizados.

Um exemplo objetivo de se avaliar o nível de *expertise* em uma atividade pode ser observado na descrição oferecida por Masunaga e Horn (2000). Os autores mencionam o jogo de tabuleiro conhecido como Jogo de Go, no qual um dos dois

jogadores torna-se vitorioso ao delimitar mais territórios que seu oponente¹². O estudo envolve a coleta de dados junto a uma associação japonesa a qual, juntamente com outras espalhadas pelo mundo, desenvolveu procedimentos objetivos para classificar jogadores dentro de um dos 48 níveis de *expertise* reconhecidos. Comumente jogadores que anseiam por altos desempenhos na atividade se submetem uma vez ao ano para serem avaliados, cujos resultados são utilizados para posicioná-los dentro da escala. Essa é graduada desde o mais elementar nível de iniciante até o mais alto nível de *expert*, indicando vários níveis de iniciantes, profissionais e *experts*.

Porém reconhece-se que graduar níveis de *expertise* em relação a jogos é bem mais simples do que em relação a certas áreas de conhecimento. Em Ciência da Informação, um bom exemplo de verificação de níveis de *expertise* anteriormente à categorização dos participantes é encontrado em Dillon e Schaap (1996). Os participantes foram solicitados a responder questões sobre a qualificação acadêmica, experiência de leitura, de autoria, de pesquisa, experimental e formação. Os resultados orientaram os autores na classificação dos participantes em um dos níveis: novato, intermediário e *expert*. No estudo, dados foram coletados em sessão experimental em que participantes eram apresentados a trechos de artigos acadêmicos, devendo indicar, o mais rápido possível, se o trecho pertencia à introdução, método, resultados ou discussão do artigo. A hipótese era que leitores *experts* seriam mais acurados na realização da tarefa do que leitores novatos, o que se confirmou, de acordo com relatos dos autores. Por outro lado, o tempo de resposta não foi afetado pelo nível de *expertise*.

No sentido de tornar a questão mais clara e facilitar o entendimento do que diferencia indivíduos novatos e *experts* é útil aprofundar a discussão recorrendo a alguns modelos que tratam da caracterização e desenvolvimento da *expertise*. Esse é o tema da próxima seção.

¹² Para mais informações sobre o Jogo de Go (*Game of Go*), ver <http://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCEQFjAA&url=http%3A%2F%2Fpt.wikipedia.org%2Fwiki%2FGo&ei=2yo9UIKQE4qQ9gSd34HoBg&usg=AFQjCNEkQa0kcFYEV2giEkbBclb27HHU9w>

2.4.6 Modelos de desenvolvimento de expertise

Inicialmente são apresentados alguns dos aspectos da proposta de Ericsson (2004) quanto à aquisição de desempenho *expert* dentro da perspectiva do modelo de resolução de problemas. O trabalho apresenta uma visão da construção e modificação de mecanismos mediadores através de prática deliberada com o objetivo em atingir alto desempenho.

O modelo de *expertise* de Ericsson (2004), coloca em evidência que não é somente a experiência adquirida ao longo dos anos na prática de alguma atividade que traz como consequência o desempenho superior. Antes, a aquisição de *expertise* requer prática deliberada nesse sentido. Segundo o autor, *expertise* pode ser identificada com a habilidade de gerar produtos de qualidade consistentemente superior, tais como movimentos superiores no jogo de xadrez, diagnósticos médicos acurados e soluções para problemas em determinado domínio. Essa habilidade se fundamenta na mediação de mecanismos cognitivos complexos, de modo que *experts* percebem a estrutura representativa das situações e avaliam relações subjacentes relevantes. Além disso, são as habilidades dos *experts* que proporcionam planejamento e avaliação de várias opções, de modo a assegurar a geração de respostas de alta-qualidade (ERICSSON, 2004).

Portanto, a diferença na *performance* entre *experts* e indivíduos menos especializados não reside na simples diferença entre os níveis de conhecimento acumulado vindos de experiências passadas. Mais do que isso, ante tarefas representativas e situação não familiares novatos e *experts* diferem no modo como reagem. Indivíduos menos especializados podem até mesmo não estarem aptos a gerar a ação apropriada quando confrontados com tarefas difíceis, ou pelo menos não durante o tempo disponível para a tarefa. Já executores altamente especializados provavelmente percebem a solução para a mesma tarefa como uma das muitas possibilidades de ação, e identificam a melhor resposta após rápida avaliação e planejamento (ERICSSON, 2004).

A maioria das habilidades cotidianas são relativamente fáceis de adquirir, pelo menos em um nível aceitável. As teorias tradicionais de aquisição de perícia distinguem uma fase **cognitiva inicial**, quando os indivíduos aprendem a estrutura subjacente da atividade e quais aspectos eles devem atender. Essa fase caracteriza-se pelos claros *feedbacks* em relação à falta de mestria em vista dos

resultados atingidos não se configurarem dentro as expectativas. Na fase seguinte, a fase associativa, os aprendizes podem atingir um nível funcional de desempenho. Durante a última fase, a fase autônoma, normalmente ocorre a execução da atividade em foco sem a necessidade de que essa seja pensada. Após um limitado período de treinamento e experiência, um padrão de desempenho pode ser gerado sem muita necessidade de esforço de atenção. Nesse ponto, a execução de uma atividade cotidiana atinge muitas características de desempenho automatizado e requer apenas um esforço mínimo. A maioria de estudos de laboratório sobre aquisição de perícia dentro de estrutura de processamento da informação tem apresentado tarefas bem estruturadas nas quais participantes facilmente aprendem como representar a tarefa e gerar a resposta correta. O foco desses estudos são o segundo e terceiro estágio nos quais a velocidade da resposta correta é crescente como uma função de ampla experiência (ERICSSON, 2004).

Em suma, as condições necessárias para aquisição de desempenho em nível de *expertise* são experiência e prática deliberada. Assim, a experiência apenas não responde pelo alto nível de desempenho, pois o aprimoramento até o nível de *expertise* mais do que a mera repetição. Isto é, a aquisição de *expertise* demanda experiência estendida no domínio específico o que se correlaciona com anos de engajamento com a atividade para a qual se busca *expertise* (ERICSSON, 2004).

Segundo o autor a idade em que *experts* atingem suas melhores *performances* varia em razão da área em que atuam. Observa-se que os picos de desempenho de atletas *experts* em muitos esportes vigorosos ocorrem entre 25 e 30 anos de idade. Já atletas em atividades de coordenação motora fina, das artes e das ciências, chegam ao alto desempenho uma década mais tarde, entre 30 e 40 anos. Contudo, mesmo os mais 'talentosos' precisam de mais ou menos 10 anos de intenso envolvimento com a atividade antes de atingirem um nível internacional. Para a maioria dos indivíduos isso leva consideravelmente muito mais tempo (ERICSSON, 2004).

Enquanto o modelo de Ericsson (2004) propõe uma visão de *expertise* como resultado de esforço deliberado para se atingir alto nível de desempenho, Kinchinn e Cabotb (2010) propõem uma perspectiva em termos de dimensões da *expertise*. O modelo é construída com base em modelos anteriores e focaliza o ensino universitário. Ele resulta do exame qualitativo de vários mapas conceituais

produzidos por estudantes e seus respectivos professores, de campos das artes e ciências, ao longo de mais de 10 anos.

As ideias subjacentes ao modelo são explicitadas na **Ilustração 2**, discutida a seguir:

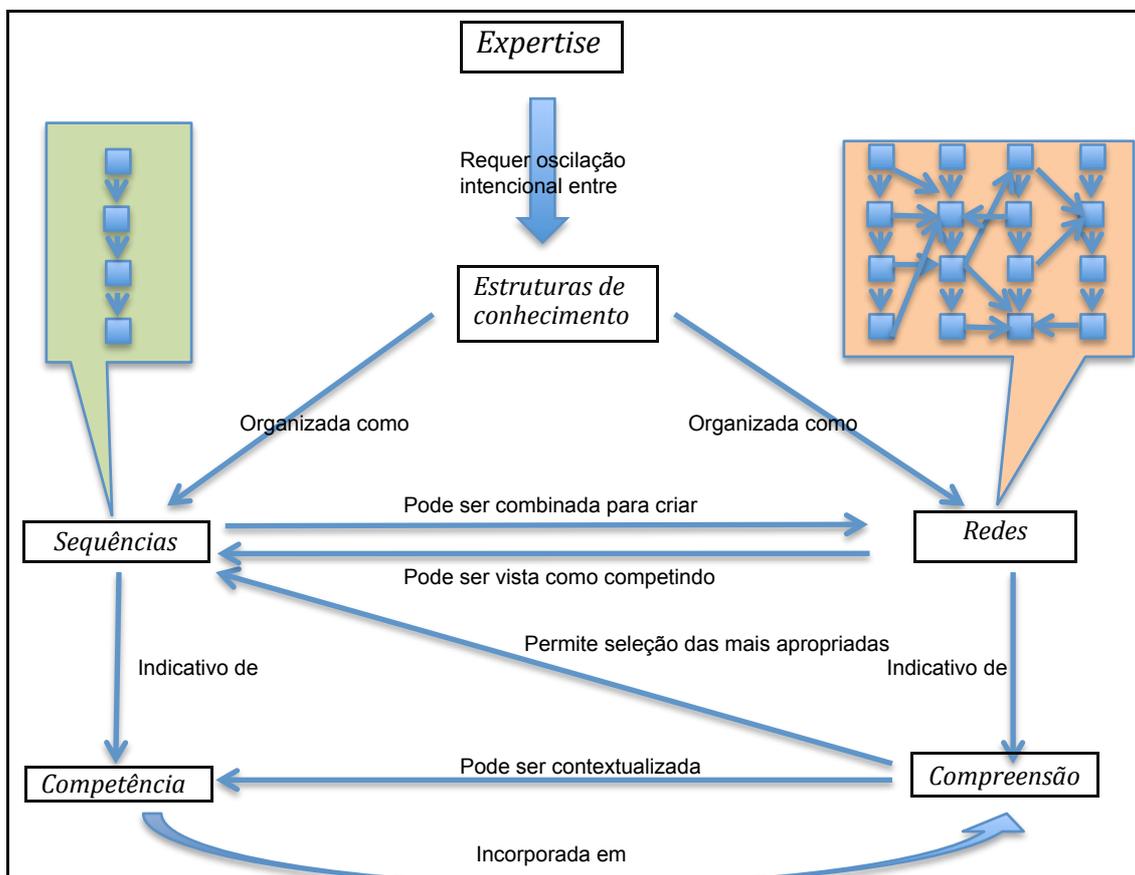


Ilustração 2 - Modelo de estruturas de conhecimento de processamento dual - natureza da *expertise*. Traduzido de Kinchina e Cabotb (2010)

Na **Ilustração 2**, a dimensão vertical explica as características e papéis de cada estrutura de conhecimento – sequências e redes¹³. No que se refere às sequências, os autores explicam que essas resultam das repetidas exposições a que os estudantes são submetidos durante o ensino secundário. Tais repetições caracterizam-se por sucessões do ensino linear pela apresentação de materiais que facilitam a rotina de aprendizagem. Conseqüentemente, são formadas sequências de compreensão firmemente estabelecidas que são levadas para a graduação, quando se mostram normalmente incompletas ou inapropriadas para o contexto do ensino universitário – isto é, representam uma rota simples através de

13 *Chains e nets* no original.

ideias sequenciais. Uma vez que as sequências são resistentes ao desenvolvimento, os estudantes confrontam o dilema entre abandonar suas crenças pré-existentes ou memorizar o novo material adicionando-o aos seus conhecimentos prévios (KINCHINA; CABOTB, 2010).

A sequência de compreensão apropriada é indicativa de aprendizes (estudantes e professores) estrategicamente bem sucedidos à medida que eles representam o modo mais econômico de armazenar pontos chave de informação – indicados pelo domínio de tais estruturas no material de estudo. Essa orientação para o objetivo habilita os aprendizes a selecionar a informação essencial disponível ao mesmo tempo que seletivamente ignora o restante (KINCHINA; CABOTB, 2010).

Por outro lado, a figura também evidencia redes de compreensão altamente desenvolvidas e integradas, o que caracteriza a marca do *expert*. Nesse contexto, *expertise* pode ser entendida como a acomodação de sequências de compreensão competidoras e a seleção daquelas mais apropriadas a um contexto particular. Observa-se que a aplicação prática das estruturas de redes requer necessariamente que elas estejam implicitamente conectadas a sequências de prática. Em algumas disciplinas, este pode ser visto como conectando aprendizagem profissional e acadêmica, como aprendizagem profissional concentrando no desenvolvimento de procedimentos práticos e práticas linearmente organizados e aprendizagem acadêmica focando na integração da compreensão. Neste sentido, à medida que indivíduos desenvolvem *expertise*, as redes de compreensão adquirem sofisticação enquanto a escolha de incorporação de sequências de prática também crescem (KINCHINA; CABOTB, 2010).

Uma abordagem diferente da caracterização de *expertise* é proposta por Rodriguez et alii. (2010; 2012). Os autores apontam a literatura como sendo descritiva em termos de aspectos cognitivos de novatos e *experts*, sem explicar suficientemente a natureza da *expertise* em Física. A descrição dessa natureza é feita a partir de perspectiva social, observando novatos e *experts* dentro de seus grupos de pesquisa. Logo, o *expert* em Física não é visto apenas em termos de capacidade de resolver acuradamente problemas, mas também como apresentando características tais como a capacidade de comunicar seus estudos e descobertas dentro do grupo no qual se insere. Embora interessante, deseja-se apenas enfatizar

mais essa perspectiva da compreensão do conceito de *expertise* sem contudo aprofundar na caracterização proposta pelos autores do estudo em questão.

2.4.7 Expertise e o efeito reverso

Embora normalmente *expertise* esteja relacionada a alto nível de desempenho, ela também pode significar baixo desempenho como resultado das limitações impostas pela capacidade de processamento da memória de trabalho. Uma relevante contribuição na compreensão dos efeitos dessa limitação vem da Teoria da Carga Cognitiva (KALYUGA; AYRES; CHANDLER; SWELLER, 2003; PAAS; VAN GOG; SWELLER, 2010), na qual se atribui especial atenção à construção e automatização de esquemas (REY; BUCHWALD, 2011), i.e., estrutura de conhecimento. A teoria lida com a aprendizagem de tarefas cognitivas complexas. Ela considera que nessas tarefas os aprendizes são frequentemente confundidos pelo número de elementos informativos interativos que precisam ser processados simultaneamente antes que a aprendizagem significativa seja alcançada. Destarte, a teoria focaliza o controle instrucional da carga excessiva que pode ser imposta por atividades complexas (PAAS *et al.*, 2010).

A teoria assume que o desempenho em uma certa área é definida pela extensão do conhecimento armazenado na memória de longo prazo referente ela. No entanto, esse conhecimento não precisa ser necessariamente adquirido pela experiência podendo ser tomado emprestado de outras pessoas. Nesse sentido, uma das preocupações dos pesquisadores da teoria deveria ser como a estruturação do conhecimento apresentado aos aprendizes, bem como com a descrição de quais atividades deveriam ser desenvolvidas por eles no processo de aquisição de informação (PAAS *et al.*, 2010).

A teoria é baseada no conhecimento sobre a arquitetura cognitiva humana que descreve a existência da memória de longo prazo, de capacidade ilimitada, a qual interage com a memória de trabalho, de capacidade limitada e duração de aproximados 30 segundos sem ensaio. Uma das maiores considerações da teoria é quanto à estrutura da informação. Acredita-se que essa deva ser cuidadosamente avaliada uma vez que esse aspecto tem implicações na carga cognitiva imposta à memória de trabalho.

A premissa fundamental da teoria é que a construção e automatização de esquemas são os maiores objetivos da aprendizagem, os quais podem ser frustrados pela limitação da memória de trabalho. Em face dessa limitação torna-se fundamental a apropriada alocação dos recursos cognitivos em atividades diretamente relacionadas a esses objetivos (KALYUGA *et al.*, 2003). A referida teoria afirma que ao apresentar informação adicional ao aprendiz, se impõe carga cognitiva desnecessária tanto para os novatos quanto para *experts*. Porém, tal carga ocorre em menor grau para os primeiros e em maior para os segundos, impactando no desempenho na aprendizagem e resultando no efeito reverso da *expertise* (REY; BUCHWALD, 2011).

Indivíduos aprendizes de um determinado domínio carecem de esquemas associados com a tarefa ou a situação a eles apresentada. No entanto, os esquemas de conhecimento que eles possuem na memória de longo prazo não lhes oferecem orientação de como lidar com tal situação ou tarefa. Essa ausência pode ser compensada pela apresentação de orientação instrucional a qual serve de substituto para esquemas faltantes e, se efetivos, auxilia como meio de construção de esquemas. Em outras palavras, instruções efetivas podem proporcionar orientação na resolução da tarefa ou situação enquanto diminui a carga da memória de trabalho. Do contrário, se elas falharem, os aprendizes terão que recorrer à busca por estratégias de resolução de problemas que são cognitivamente ineficientes devido à pesada carga que impõem à memória de trabalho (KALYUGA *et al.*, 2003).

Todavia, o benefício das orientações instrucionais não influencia igualmente diferentes níveis de *expertise*. Isto é, enquanto novatos são positivamente afetados pela apresentação delas, o contrário sucede com *experts*, sobrevivendo o chamado efeito reverso da *expertise* (KALYUGA *et al.*, 2003; REY; BUCHWALD, 2011). A explicação para esse efeito é que *experts* trazem esquemas ativados para o processo de construção de representações mentais da situação ou tarefa. Uma vez que seus esquemas proporcionam guia completo de como lidar com a situação, eles podem não precisar de instruções adicionais. Contudo, se acontece de lhe ser oferecida instrução com informação concebida para auxiliar aprendizes na construção de representações mentais apropriadas, e eles não conseguem evitar essa informação, há uma sobreposição entre os componentes da orientação baseada no esquema e a baseada na instrução redundante. Isso porque haverá dois

tipos de orientação para lidar com as mesmas unidades de informação (KALYUGA *et al.*, 2003).

No processo, aprendizes novatos e *experts* podem se deparar com redundância e querer tentar ignorá-la. Mas informação redundante é frequentemente difícil de ignorar, causando um processamento de informação em nível não-ótimo que pode resultar em falha de um procedimento instrucional. O envolvimento de diferentes constructos cognitivos (baseados em esquema e na instrução) para lidar com as mesmas unidades de informação pode consumir recursos suficientes para causar sobrecarga cognitiva se comparada com instruções que dependem mais pesadamente de esquemas pré-existentes como guia.

No que se refere a aprendizes mais experientes, esses podem preferir optar por eliminar as orientações instrucionais, e evitar conflito entre orientar-se por elas ou por seus esquemas. Portanto, orientação instrucional pode ser essencial para novatos e ser maléfica para aprendizes mais experientes. Em face de um *design* instrucional que inclui orientação pode suceder de novatos aprendizes obterem melhor desempenho em comparação com outros novatos que receberam um formato de problema sem instrução. Diferentemente, o mesmo *design* instrucional pode ser desvantajoso para aprendizes mais especializados, impactando negativamente no desempenho se comparado com *experts* que receberam um formato sem tais orientações. Nesse último caso ocorre um exemplo de efeito reverso de *expertise* (KALYUGA *et al.*, 2003). Em resumo, a apresentação de material adicional pode ser benéfica para novatos, mas danosa para *experts* em se tratando de resultados de aprendizagem, levando ao efeito reverso da *expertise* pela efeito da redundância (REY; BUCHWALD, 2011).

Cabe ressaltar que o efeito reverso de *expertise* não requerer que *experts* necessariamente tenham desempenho pior que novatos sob condições experimentais particulares. Por exemplo, quando se apresenta uma animação com um texto explicativo adicional. Ao invés disso, *experts* podem também superar novatos nos resultados da aprendizagem sob condições menos que ótimas para *experts*, sem a violação das predições do efeito reverso de *expertise* (REY, BUCHWALD, 2011).

Kalyuga *et al.* (2003) fazem revisão de uma série de estudos concebidos para verificar condições em que o efeito reverso da *expertise* pudesse ser observado. O

efeito ocorre na interação entre níveis de *expertise* e atenção dividida e redundância, como, por exemplo, quando novatos e *experts* lidam com duas ou mais fontes de informação (e.g. texto e diagramas), ou separadas no tempo e no espaço. O efeito é observado também nas interações entre níveis de *expertise* e exemplos trabalhados de problemas. Esses são casos de instruções complementar orientada e consistem de enunciados de problemas seguidos de explicações de todos os detalhes da solução. Nos trabalhos verificados, aprendizes inexperientes obtêm vantagem de procedimento instrucional que enfatiza fortemente a orientação. Essas orientações instrucionais são, por exemplo, a indicação do objetivo e sub-objetivos relacionados à tarefa, sugestão de estratégias, oferta de exemplos de solução, entre outros.

O efeito reverso de *expertise* pode ser demonstrado também na interação entre o nível de *expertise* e o processamento de texto. Os autores citam alguns exemplos em que aprendizes menos preparados se beneficiam de material explicativo adicional enquanto aprendizes mais bem informados são mais aptos no processamento do texto sem o material adicional. Eles salientam que embora McNamara *et al.* (1996) expliquem os resultados de seu estudo salientando que *experts* são forçados a se empenharem ativamente no processamento de texto com informação reduzida, o que ocorre, de fato, é o efeito reverso em decorrência da sobrecarga cognitiva (KALYUGA *et al.*, 2003).

2.5 Resolução de Problemas

O objetivo com essa seção é apresentar conceito de resolução de problemas como um processo cognitivo complexo no qual informação e estrutura de conhecimento desempenham papel fundamental. São discutidos os principais componentes do processo de resolução, realçando o papel da estrutura de conhecimento e do enunciado do problema no processo de representação do problema como uma etapa fundamental para o êxito no alcance da solução. Nesse processo, a informação extraída do enunciado do problema é processada dando lugar ao espaço problema onde operações são realizadas na busca pela solução do mesmo. Outro aspecto da teoria de resolução de problemas destacado é a influencia da estrutura de conhecimento do solucionador na solução proposta.

2.5.1 Problemas e resolução de problemas – conceitos

De acordo com a pesquisa em resolução de problemas, seres humanos são confrontados com problemas cotidianamente quando estão diante de uma tarefa a qual aceitaram, porém, não sabem como resolver (SIMON, 1978). Uma situação é problemática quando o solucionador percebe uma necessidade a ser preenchida que o motiva a procurar pela solução que resolva a discrepância (JONASSEN, 1997). Desse modo, uma vez decidido a enfrentar o problema ele terá que transformar uma entidade A em uma entidade B, de modo a atingir os objetivos estabelecidos como solução (EASTMAN, 1969). Para tanto precisará encontrar os meios para alcançá-los (CHI; GLASER, 1985). O solucionador terá, então, que estar apto a gerar uma sequência de ações adequadas tanto de memória como pela aplicação de um método de rotina (GILHOOLY; MURPHY, 2005) que lhe assegure a solução adequada.

As habilidades relacionadas a resolver problemas são altamente valorizadas e tem sido assunto de vários pesquisadores e educadores (SWELLER, 1988). Isto porque resolver problemas requer o emprego de habilidade cognitiva complexa que caracteriza algumas das mais inteligentes atividades humanas (CHI; GLASER, 1985; ANDERSON; 1993). Tais habilidades e componentes cognitivos estão relacionados a informação proposicional, conceitos, regras e princípios (domínio do conhecimento) (JONASSEN, 1997). A complexidade envolvida no processo de resolução de problemas inclui ainda outros fatores como:

- conhecimento estrutural – redes de informação, mapeamento semântico, redes conceituais, modelos mentais;
- habilidades ampliativas – construção e aplicação de argumentos, realização de analogias, inferência;
- habilidades meta-cognitivas – estabelecimento de objetivos, alocação de recursos cognitivos, avaliação de conhecimento prévio e avaliação do progresso e verificação de erros;
- componentes motivacionais e atitudinais – esforço empenhado, persistência na tarefa, envolvimento intencional, e

- conhecimento sobre si mesmo – articulação de conhecimentos prévio e sociocultural, articulação de estratégias pessoais e fraquezas e prejuízos cognitivos (JONASSEN, 1997).

O problema normalmente é definido pelo seu tipo, domínio, processo de resolução e solução propriamente dita (JONASSEN, 1997). Essas características auxiliam no entendimento do processo cognitivo de resolver problemas e são apresentadas nas próximas seções.

2.5.2 Tipos de problemas

Problemas podem ser apresentados ou descobertos, bem ou mal definidos, simples ou complexos, de curto ou longo prazo, familiares ou estranhos. Comumente, problemas são categorizados entre três tipos: quebra-cabeças, bem estruturados e mal estruturados. Com isso não se deseja estabelecer uma classificação bem definida. Conforme salienta Jonassen (1997), a ideia é evidenciar um contínuo que se inicia de problemas descontextualizados com soluções convergentes a problemas bem contextualizados com múltiplas soluções.

Puzzles, ou quebra-cabeças, são exemplos de problemas descontextualizados e bem estruturados úteis na verificação dos processos de raciocínio e pensamento. Exemplos desse tipo de problemas são anagramas, Torre de Hanói, Os Nove Pontos, Missionários e Canibais. Esse tipo de problema caracteriza-se por ter apenas uma resposta correta e por ter estabelecidos e conhecidos todos os elementos necessários para se operar a solução. Assim, a apresentação do problema informa um estado inicial, operações permitidas/restrições e um objetivo a ser atingido. A resolução consiste de executar operações sobre o estado inicial e de modo a atingir o objetivo fim, ou seja, a solução, a qual é prontamente reconhecida (CHI; GLASER, 1985, JONASSEN, 1997).

Parte da pesquisa em resolução de problemas se desenvolveu tendo por base o processo de resolução de quebra-cabeças tais como a Torre de Hanói (**Ilustração 3**). Esse consiste de três pinos verticais e de pelo menos três discos de diferentes tamanhos. Normalmente, o quebra-cabeça tem como estado inicial os discos dispostos no primeiro pino e ordenados, a partir da base, do maior para o

menor disco. O objetivo é mover todos os discos para o terceiro pino observando as restrições de nunca colocar um disco maior sobre um menor e mover somente um disco de cada vez. Uma variação da Torre de Hanói, isto é, seu isomorfo, é o quebra-cabeça da Cerimônia do Chá.

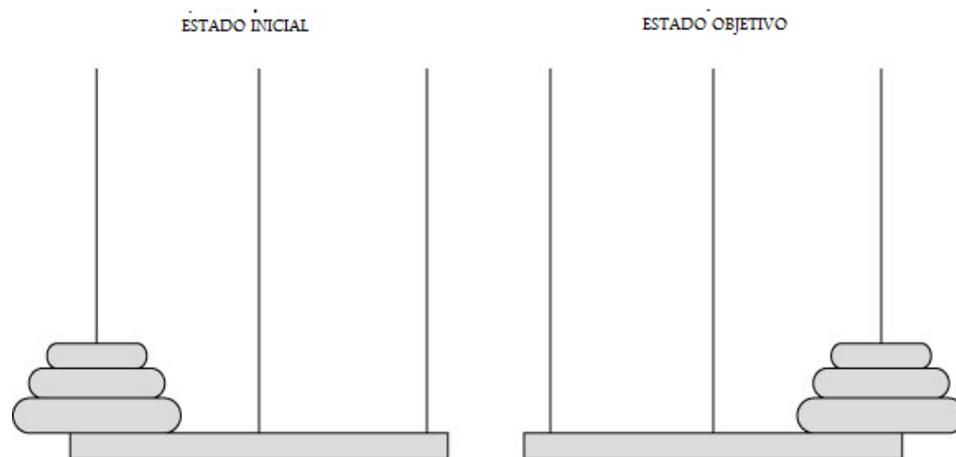


Ilustração 3 - Torre de Hanói com três discos.

Apesar de quebra-cabeças (*puzzles*) serem interessantes, eles requerem conhecimento mínimo de modo a poder executar a busca pela solução (CHI; GLASER, 1985; CHI *et al.*, 1982). Portanto, o fato de uma criança ser capaz de mover discos de um pino para outro não significa que consegue revolver problemas de álgebra, por exemplo. Esses demandam saber quando e como aplicar um conjunto de regras de manipulação de equações (CHI; GLASER, 1985).

Puzzles e problemas de sala de aula são exemplos de problemas bem estruturados. O que distingue os primeiros dos segundo é a quantidade de conhecimento de domínio específico necessária para propor a solução (CHI, GLASER, 1985). Problemas bem estruturados, ou bem definidos, caracterizam-se por apresentarem todos os elementos: estado inicial, objetivo final e operadores válidos. O processo de solução requer a utilização de um conjunto finito de conceitos, regras e princípios que limitam a situação problema, havendo um processo preferido (JONASSEN, 1997). Assim, por exemplo, a resolução de problemas de álgebra requer a aplicação de uma grande quantidade de conhecimento de domínio específico de modo a se obter a solução (CHI, GLASER, 1985). Esse tipo de problema possui apenas uma solução correta, convergente,

dependente de uma base de conhecimento (CHI; GLASER, 1985; JONASSEN, 1997). Exemplos de problemas bem estruturados são aqueles normalmente encontrados no final de capítulos de livros-texto (JONASSEN, 1997) de matemática, Física, química, álgebra (CHI; GLASER, 1985).

Por fim, outra classe de problemas é denominada de problemas mal estruturados ou mal definidos. Trata-se de problemas situados em e emergentes de um contexto específico da prática diária (JONASSEN, 1997) nos quais algum ou vários aspectos da situação não são bem especificados (EASTMAN, 1969; SIMON, 1978; CHI; GLASER, 1985; JONASSEN, 1997). Isto é, os dados do problema são incompletos e as informações necessárias para resolvê-lo não estão totalmente contidas no enunciado do problema (CHI; GLASER, 1985), ou os contornos da informação relevante são elas mesmas muito vagas (SIMON, 1978). Tais problemas são aqueles nos quais não há linguagem formal descrevendo o espaço problema, ou operadores indicando os movimentos através do espaço problema, ou a descrição exata de um estado final aceitável. Portanto, cabe ao solucionador suprir a informação ausente de modo a tornar plausível a busca através do espaço problema (EASTMAN, 1969). Exemplos de problemas mal definidos são compor um poema (CHI; GLASER, 1985), compor música (SIMON, 1973), tarefas de arquitetura, engenharia, *design* urbano (EASTMAN, 1969), resolver o problema da poluição (JONASSEN, 1997), educar os filhos, desenvolver uma tese de doutorado, entre outros.

É relevante destacar que no cerne das distinções entre problemas bem e mal definidos está o domínio do conhecimento necessário para solucioná-los. Isto é, a questão é que do ponto de vista do solucionador, qualquer problema que envolva uma grande quantidade de conhecimento potencialmente relevante pode ser interpretado como um problema mal definido. Consequentemente, parece que não há nada além da base de conhecimento para distinguir problemas bem definidos de problemas mal definidos. Tais interpretações também vão ao encontro do argumento de que os mecanismos gerais de resolução de problemas, utilizados eficazmente em domínios bem estruturados, são igualmente válidos no reino dos problemas mal estruturados (SIMON, 1973).

2.5.3 Processos na resolução de problemas

O processo de resolver problemas pode ser explicado sob a ótica de pelo menos duas abordagens da Psicologia - a *Gestalt* e o Processamento da Informação. No presente trabalho a ênfase recai sobre a abordagem do processamento da informação, aqui discutida mais profundamente. Porém, é interessante destacar que a tradição da *Gestalt* floresceu na Europa do início do século 20, com vários pensadores atendendo ao fenômeno da resolução de problemas e outras formas do pensamento criativo. Eles acreditavam, por exemplo, que o processo de resolver problemas tinha muito a ver com percepção, cabendo ao percebedor a tarefa de organizar os elementos separados no campo visual num todo coerente. Sob essa ótica, a tarefa do solucionador de problemas consiste em mentalmente recombina repetidas vezes os elementos do problema até que uma configuração estável, ou *Gestalt*^{14, 15} é atingida (BEST, 1999).

No entanto, a pesquisa em resolução de problemas foi significativamente modificada pela abordagem do processamento da informação com a publicação de *Human Problem Solving* de Newell e Simon em 1972. Nessa abordagem a ênfase recai na dimensão *performance*-aprendizagem-desenvolvimento (NEWELL; SIMON, 1972). Isto é, a atenção foi transferida das condições sob as quais soluções podem ser atingidas para os componentes dos processos cognitivos envolvidos na transformação do estado inicial em estado objetivo final (CHI *et al.*, 1982; CHI; GLASER, 1985). A concepção da resolução de problemas, sob essa ótica, tem sua fundação em inteligência artificial e simulações computadorizadas do pensamento humano (ANDERSON, 1993; NEWELL; SHAW; SIMON, 1958, NEWELL; SIMON, 1972). Isso porque o desenvolvimento de uma teoria em resolução de problemas requer o atendimento de dois aspectos. O primeiro é a realização de análises apropriadas das tarefas em investigações. O segundo é a necessária elaboração de um inventário de possíveis mecanismos de resolução de problemas que possam ser supostos como os mecanismos reais utilizados por seres humanos (NEWELL; SIMON, 1972).

¹⁴ Palavra alemã sem um equivalente preciso em inglês, mas normalmente traduzida como 'forma' ou 'configuração'. (Best, J.B. *Cognitive Psychology*. 1999. 5 ed, New York, NY: West Publishing Co.)

¹⁵ Um todo que é considerado maior que suas partes individuais, por exemplo todos os pensamentos e experiências do indivíduo considerado como uma unidade. Livre tradução de CD-ROM © Macmillan Publishers Limited 2007. Text © A&C Black Publishers Ltd 2007.

A abordagem do processamento da informação domina o desenvolvimento de teorias de resolução de problemas na Psicologia Cognitiva. O processo é visto principalmente como resultando da combinação de processamento *bottom-up* e *top-down*, isto é, respectivamente afetado ou pelo estímulo ou pelo conhecimento prévio do indivíduo (ST CLAIR-THOMPSON *et al.*, 2010). Os modelos dentro dessa abordagem geralmente especificam dois conjuntos de processos de pensamento associados com os processos de resolução de problemas, isto é, a compreensão e a busca (JONASSEN, 1997).

Nessa abordagem, o mapeamento dos processos nos quais o solucionador se engaja na resolução de problemas foi possível graças ao emprego de técnicas como 'pensar alto' e consequente análise de protocolos verbais. As descobertas também se relacionam com desenvolvimento da inteligência artificial. Anteriormente ao trabalho de Newell e Simon na década de 1970, Newell, Shaw e Simon (1958) já empregavam tais técnicas no estudo da resolução de problemas.

A teoria da resolução de problemas humana dentro da abordagem do processamento da informação, proposta por Newell e Simon (1972), fundamenta-se em quatro proposições básicas:

1. poucas características do sistema humano de processamento da informação são invariantes em razão da tarefa e do solucionador¹⁶.
2. Tais características são suficientes para determinar que o ambiente tarefa é representado no sistema de processamento de informação como um espaço problema onde a resolução do problema se desenvolve.
3. A estrutura do ambiente tarefa determina as possíveis estruturas do espaço problema.
4. A estrutura do espaço problema determina os possíveis programas que podem ser usados na resolução do problema.

Essas proposições incorporam algumas outras noções relevantes no entendimento da teoria, como, por exemplo, a ideia de dispositivos adaptativos se ajustando ao ambiente que os circundam. Porém, apenas alguns aspectos gerais da estrutura de um sistema adaptativo podem ser observados por meio do

¹⁶ *Over task and problem solver* no original.

comportamento na tarefa. Esses aspectos não são deriváveis *a priori*, tendo a ver principalmente com os tipos de memórias disponíveis para o sistema de processamento em termos de seu tamanho, taxas de leitura e de escrita e modos de acesso da memória. Por sua vez, esses constituem alguns dos poucos aspectos invariantes do sistema e determinam o espaço problema como o principal invariante da resolução de problemas. Isto é, toda resolução de problemas ocorre em algum espaço problema. A estrutura do espaço problema é determinada pelo ambiente tarefa, a qual deve oferecer informações significantes para o processo de resolução. Tais informações são codificadas no espaço problema, embora não haja garantias de que elas estejam refletidas no espaço problema (NEWELL; SIMON, 1972).

De acordo com a abordagem do processamento da informação, o comportamento em resolução de problemas resulta da interação entre o sistema de processamento da informação, o solucionador do problema e o ambiente tarefa. Conseqüentemente, o comportamento em resolução de problemas é estruturado com base no sistema de processamento de informação, no ambiente tarefa e no espaço problema. Dentro dessa abordagem o sistema humano de processamento da informação é responsável por modelar os esforços da resolução de problemas. Ele consiste de:

- um processador ativo,
- entradas/*inputs* (sensoriais) e saídas/*output* (motor),
- memórias internas – memórias de curto e longo prazo – e,
- memória externa.

O sistema opera principalmente serialmente e tem acesso ilimitado à memória de longo prazo, sendo essa organizada de modo associativo e cujos conteúdos são símbolos e estruturas de símbolos. Quanto às entradas e saídas do processo, o modelo prevê que essas são realizadas na memória de curto prazo cuja capacidade é de cinco a sete símbolos familiares, i.e., fragmentos ou porções¹⁷. Porém, apenas aproximadamente duas porções relativas a uma dada tarefa podem ser retidas enquanto outra tarefa não relacionada é executada. O conteúdo da memória de curto prazo em certo momento consiste de pequeno conjunto de símbolos, cada qual

¹⁷ *Chunks* no original.

pode designar uma estrutura inteira, de tamanhos e complexidade arbitrários, na memória de longo prazo (NEWELL; SIMON, 1972; SIMON, 1978).

Por sua vez, a memória externa é o campo visual imediatamente disponível para o solucionador, cuja especificação é fundamental para a capacidade preditiva do modelo. Isso porque, o programa de resolução de problema adotado pelo sistema de processamento da informação dependerá da natureza de cada parte da memória externa disponível tão intimamente quanto depende da natureza de suas memórias internas de curto prazo e de longo prazo. Cabe ressaltar que a memória externa está relacionada ao aumento da capacidade da memória de curto prazo de um modo que ambos componentes parecem formar uma única unidade funcional. Adicionalmente, salienta-se que há memórias externas mais remotas, tais como a folha de trabalho, a folha sob a folha de trabalho, livros ao redor e na biblioteca, entre outros. Consequentemente, o tempo de acesso torna-se maior à medida que mais comportamento motor e distância física são envolvidos no processo de recuperação (NEWELL; SIMON, 1972). Devido a relevância desse componente no desenvolvimento do presente estudo, o conceito de memória externa é tratado com mais detalhes posteriormente.

A resolução de problemas requer a execução de processo de busca pela solução através do espaço problema, i.e., da representação do problema. Representar o problema refere-se à codificação dos componentes do problema – objetivo, regras e outros aspectos da situação – apresentados para o solucionador. Este produz, a partir desses componentes, um tipo de espaço que representa para o solucionador o estado inicial, o objetivo, os estágios intermediários, imaginados ou vivenciados, bem como qualquer conceito usado na descrição dessa situação por ele mesmo. Isto é, o espaço problema é uma abstração, uma representação do ambiente tarefa na memória do solucionador na qual se executam os esforços na resolução de problemas (NEWELL; SIMON, 1972, SIMON, 1978). Ele é composto de:

- a) Um conjunto de elementos, i.e., estruturas de símbolos, que representam, individualmente, um estado de conhecimento sobre o problema.
- b) Um conjunto de operadores, i.e., processos informacionais, cada qual produzindo um novo estado de conhecimento a partir dos estados de conhecimento existentes.

- c) Um estado inicial de conhecimento, ou seja, o conhecimento sobre a tarefa que o solucionador tem no início do processo de resolução.
- d) Um problema representado por especificações sobre um conjunto final de estados desejados a ser alcançado pela aplicação dos operadores.
- e) O total de conhecimento disponível para o solucionador quando ele está em um dado estado de conhecimento (NEWELL; SIMON, 1972).

O mais simples espaço problema de uma tarefa, normalmente chamado de espaço problema básico, consiste de um conjunto de nós gerados por todos os movimentos legais. Cada nó em um espaço problema pode ser visto como um estado de conhecimento possível que o solucionador pode atingir. Esse estado de conhecimento é simplesmente o que o solucionador sabe, isto é, que informação ele tem disponível, sobre o problema em um particular momento. Assim, a busca pela solução é uma odisséia através do espaço problema, de um estado de conhecimento para outro, até que o estado de conhecimento atual inclua a solução do problema. Espaços problema, mesmo os associados com ambientes tarefa relativamente simples, como cripta-aritmética e jogos de xadrez, são enormes. Outros, ao contrário, mesmo problemas bastante difíceis, como missionários e canibais e problema da jarra de água, têm espaços problema bem reduzidos. No entanto, espaços problema não diferem unicamente em relação ao tamanho, mas também em termos de estruturas que possuem, essa sendo simplesmente o oposto de aleatoriedade. Tal estrutura proporciona redundância e informação que pode ser usada para prever propriedades das partes do espaço ainda não verificadas a partir das propriedades até então verificadas (SIMON, 1978).

Por fim, a estrutura do espaço problema é fortemente determinada pela estrutura do ambiente tarefa, vez que a primeira incorpora os atributos do problema apresentado na segunda. O ambiente-tarefa, portanto, limita de vários modos o comportamento, visto que define os movimentos legais e os objetivos e, normalmente, embora implicitamente, a direção dos movimentos a caminho dos objetivos. A efetividade do esquema de resolução do problema depende completamente de refletir aspectos relevantes da estrutura do ambiente tarefa no espaço problema. Portanto, um espaço problema pode conter mais ou menos estrutura que o ambiente tarefa que ele representa. Se sua estrutura possui mais, isso reflete uma estrutura imprópria, com informações inúteis e que podem

comprometer a resolução do problema. Se, ao contrário, possui menos estrutura, pode ser que não reflita o uso adequado da informação estrutural disponível (NEWELL; SIMON, 1972).

Além disso, a estrutura do ambiente tarefa interage com os limites na memória de curto prazo tornando alguns caminhos de solução mais fáceis de encontrar que outros. Ou seja, se o processamento da informação chega a um beco sem saída, será necessário retornar à posição prévia e buscar por um novo caminho. Portanto, é necessária memória das posições anteriores, as quais são difíceis ou impossíveis de reter para buscas de grandes proporções, devido à limitação da memória de curto prazo. Conseqüentemente, são adotados métodos de procura, se disponíveis, para evitar a necessidade de retorno (*backup*). Por exemplo, se possível, lançando mão da fatoração do problema, permitindo tratar cada fator separadamente, evitando assim experimentação de todas as combinações de fatores individualmente. O exame da estrutura do problema possibilita verificar a existência dessa característica e a forte influência de tal característica sobre o comportamento de busca do sistema de processamento da informação é devida à pequena capacidade da memória de curto prazo (NEWELL; SIMON, 1972; SIMON, 1978).

Embora essas explicações do processo de resolução de problemas seja amplamente aceitas, há controvérsias. Por exemplo, enquanto para Simon (1973, 1978) a resolução de problemas bem e mal estruturados é executada por meio de basicamente os mesmos mecanismos, Jonassen (1997), acredita que os processos envolvidos na resolução de problemas bem e mal estruturados são diferentes. Nessa última perspectiva, a explicação dos processos demandados pelo problema bem estruturados pode ser oferecida pela abordagem do processamento da informação. No entanto, a explanação dos processos desenvolvidos em face de problemas mal estruturados tem melhor suporte em teorias do construtivismo e cognição situada.

Por sua vez, Sweller (1988) explica que a resolução de problemas pressupõe a execução simultânea de atividades como observar o estado atual do problema, o objetivo estabelecido e a relação entre esses, os operadores e, se for o caso, os sub-objetivos. Portanto, não se trataria de processamento serial, como proposto por Newell e Simon (1974). Além disso, ele destaca que a execução simultânea dessas

atividades impõe pesada carga cognitiva, o que pode comprometer a aquisição de esquemas de conhecimento.

O processo de resolver problemas pode ser visto como dependente da realização de dois passos: a representação do problema e a solução (SOLAZ-PORTOLÉS; SANJOSÉ-LOPÉS, 2009). Assim, as próximas seções e subseções descrevem a teoria canônica da resolução de problemas, proposta por Newell e Simon (1972), mas não se restringe a ela. São discutindo os componentes do sistema de resolução de problemas e seus principais processos. Especial atenção é dada ao entendimento do papel desempenhado por dois conceitos relevantes no escopo da presente pesquisa: memória externa e memória de trabalho.

2.5.4 Representação do problema

Assim como na *Gestalt*, a representação do problema na abordagem do processamento da informação consiste essencialmente da interpretação ou compreensão do problema pelo solucionador. Esse processo desempenha papel fundamental na resolução de problema uma vez que o nível de dificuldade com que o solucionador lida com o problema depende do quão bem sucedido ele é na construção de tal representação (CHI *et al.*, 1981), isto é, de como ele considera, em seu espaço problema, as características críticas do ambiente tarefa (SIMON, 1978).

A representação do problema consiste na construção e organização do problema pelo solucionador o qual se utiliza do seu conhecimento no domínio do problema. Portanto, representar um problema é conectar intencionalmente o problema com o conhecimento prévio do solucionador (JONASSEN, 1997). A representação pode ter várias formas, inclusive a de uma rede semântica com vários componentes (CHI *et al.*, 1981). O solucionador reconhece o tipo de problema (JONASSEN, 1997), e a representação que constrói corresponde ao estado inicial, ao objetivo e aos operadores legais para resolver o problema (CHI *et al.*, 1981; JONASSEN, 1997), bem como aos acréscimos tais como inferências, abstrações e ‘adereços’¹⁸ (CHI *et al.*, 1981).

¹⁸ *Embellishment* no original.

Representar problemas bem estruturados consiste de compreender a tarefa, isto é, extrair do enunciado qual o objetivo a ser perseguido, ao mesmo tempo em que se reconhecem os atributos do problema. Trata-se de um processo mental em que o solucionador decompõe o enunciado e mapeia o problema com seu conhecimento prévio. Tal representação é construída pelo solucionador como resposta à tarefa que o problema impõe. Conforme visto, tal representação é intencional e conecta o problema à estrutura de conhecimento, o que significa a ativação de um esquema. Se tal esquema for suficientemente completo e correspondente ao problema, o enunciado do problema pode ser facilmente mapeado com o esquema do problema (JONASSEN, 1997).

2.5.5 Representação do problema e estrutura de conhecimento

A pesquisa com problemas de quebra-cabeça floresceu bem na década de 1970 e proporcionou valiosos *insights* dentro dos tipos de estratégias gerais de resolver problemas. Porém, pesquisadores verificaram que a solução de problemas mais complicados não pode ser creditada apenas à aplicação de estratégias tais como heurísticas. O conhecimento sobre o domínio do problema também é importante e pode influenciar o uso dessas heurísticas na sua solução. Isso porque, desde a infância, as pessoas ativamente encaram e resolvem problemas apresentados pelo mundo. A informação adquirida nessas situações é então organizada dentro de estruturas de conhecimento sobre objetos, eventos, pessoas e as armazenada na memória. Tais estruturas, conforme já visto, constituem estruturas de conhecimento baseadas em corpos de entendimento, modelos mentais, convicções e crenças que afetam o modo como indivíduos resolvem os problemas que enfrentam no seu dia a dia (CHI; GLASER, 1985).

As pessoas diferem no modo como resolvem problemas de modo que a solução para um mesmo problema pode ser diferente a depender de se o solucionador é criança ou adulto, *experts* ou novatos, entre outros. Elas diferem entre si devido à experiência e ao conhecimento trazidos para a situação, os quais são determinantes de como e se a solução será atingida. A investigação da resolução de problemas em domínios que requerem amplo conhecimento tem mostrado que as organizações do conhecimento adquirido pelo solucionador,

armazenadas na sua memória de longo prazo, influenciam os processos perceptuais e estratégias requeridos à abordagem do problema (CHI; GLASER, 1985).

Há estudos os quais atribuem a diferenciação na *performance* de *experts* e novatos ao nível de organização de suas estruturas de conhecimento. Acredita-se que *experts* parecem ser mais aptos a enfrentar uma situação complexa porque aparentemente **seus conhecimentos estão mais bem organizados em conjuntos incorporados ou estruturas hierárquicas** (CHI; GLASER, 1985). Tal diferenciação decorre da prática no decorrer do tempo que faz com que as representações ou os esquemas dos problemas tornem-se mais ricos. A utilização de tais esquemas ocorre automática ou proceduralmente. Nesse sentido, a diferença entre *experts* e novatos reside em que os esquemas do problema dos primeiros podem reconhecer melhor a situação do problema categorizando-o dentro da classe a que pertence. Novatos, por outro lado, possuem esquemas incompletos, o que dificulta o reconhecimento da classe do problema, levando-os a utilizarem estratégias mais gerais na busca pela solução (JONASSEN, 1997).

Em outras palavras, a diferenciação entre diferentes solucionadores ou o mesmo solucionador em diferentes momentos está relacionada ao nível de *expertise*. Assim, o solucionador pode agrupar certos estados de problema por suas similaridades o que implica em também reconhecer a similaridade dos movimentos que podem ser realizados a partir desses estados. Nesse sentido, novatos e *experts* podem diferir na escolha de estratégias de resolução de problemas devido ao nível de desenvolvimento dos seus esquemas de conhecimento. Os solucionadores novatos que não possuem esquemas apropriados relacionados ao problema não podem reconhecer e memorizar configurações desse, o que os leva a utilizar uma estratégia geral de resolução de problemas, como a análise dos meios-e-fins. Por outro lado, *experts* são capazes de escolher a equação apropriada a ser aplicada de forma a garantir o atingimento do objetivo, uma vez que estão aptos a reconhecer o problema e seus estados a partir de experiências prévias com aquele tipo de problema (SWELLER, 1988).

2.5.6 A representação do problema e o seu enunciado

O processo de aquisição de informação oriunda das instruções e informação sobre o mundo exterior envolve uma interação contínua entre os dados brutos entrantes e programas e dados já armazenados no solucionador do problema. Por um lado, tal interação é essencial por auxiliar no ajuste da nova informação aos formatos e estruturas já existentes. Por outro lado, a interação limita o processo de compreensão visto modelar toda nova informação aos paradigmas já existentes. (SIMON, 1973). Conforme visto, uma etapa importante da resolução de problemas é a representação. Simon (1978) formula hipótese de que o processo de representação resulta de dois sub-processos: a interpretação da linguagem da instrução e a construção do espaço problema. O primeiro sub-processo demanda a leitura das sentenças do texto do problema e, a partir delas, a extração da informação orientado por um conjunto de regras de extração de informação. Essas regras identificam o modo das sentenças do texto e também grupos de nomes relacionados a objetos físicos e atividades, bem como atribuem a tais nomes relações como 'agente', 'instrumento', 'propriedade', 'localização', entre outros, similar à maneira gramatical.

O segundo sub-processo – processo de construção –, por sua vez, aceita a informação, sentença por sentença, a partir do processo de interpretação da linguagem, construindo uma representação do espaço problema em duas partes: a descrição da situação e um conjunto de operadores. A descrição da situação representa os elementos do problema, as relações entre eles, o estado inicial e o objetivo. O conjunto de operadores constitui o sistema de produção no qual as condições são representadas como estados da situação (ou aspectos destes estados) e as ações são representadas como processos que permitem mudanças nesse estado (SIMON, 1978).

Protocolos verbais analisados por Simon (1978) mostram que a representação do problema é determinada sensivelmente pelo modo preciso no qual o problema é estabelecido. Por exemplo, o problema da Torre de Hanói é normalmente descrito tendo discos associados com hastes, enquanto o movimento permitido consistindo de mover um disco de uma haste para outra. Por outro lado,

pode ser elaborado um problema isomorfo¹⁹ no qual as hastes são associadas com os discos e cujos movimentos consistem em mudar a haste associada com um disco específico. Há experimentos que evidenciam que se o problema é descrito com instruções de um desses modos, quase invariavelmente ele será representado na memória do indivíduo de acordo com tal modo. Tais experimentos também mostram que a dificuldade de resolver tais problemas varia enormemente, a depender de quais das duas representações é usada. Por consequência, o autor conclui que normalmente os indivíduos buscam pela representação do problema mais eficiente – isto é, a representação que fará com que o problema seja resolvido do modo mais fácil – e também adotam a representação que deriva do modo mais direto e simples da linguagem nas instruções do problema (SIMON, 1978).

Jonassen (1997), por sua vez, baseia-se na abordagem do processamento da informação, descrevendo a resolução de problemas bem e mal estruturados sob a perspectiva do aprendiz. No escopo do presente trabalho, é relevante destacar o modelo para problemas bem estruturados proposto pelo autor. Em suma, o modelo prescreve que resolver problemas bem estruturados requer o cumprimento de alguns passos, tais sejam:

- Representação do problema – consiste no entendimento da tarefa, isto é, extrair objetivo do problema do enunciado. Esse processo é inicialmente mental e resulta na representação que o aprendiz produz do problema. A chave para a resolução bem sucedida é a representação correta do problema. A representação diz respeito à compreensão do que é dado, o objetivo a ser atingido, a estrutura subjacente de possíveis soluções e qualquer estratégia de resolução que possa ser utilizada. Ou seja, representação mental possibilita o espaço problema no qual o solucionador busca pela solução. Além disso, a representação do problema promove a conexão do problema

¹⁹ Dois problemas são isomórficos quando a estrutura formal de ambos é a mesma, diferindo apenas em relação ao conteúdo formal (STERNBERG, 2010). Há correspondência entre os movimentos legais de um no outro problema (SIMON, 1978). Por exemplo, um problema isomorfo à Torre de Hanói pode ser caracterizado por não utilizar aparato externo, mas sim a descrição do problema em palavras. Normalmente o problema da Torre de Hanói é descrito com discos associados com hastes cujo movimento legal consiste de mover discos de uma haste para outra. O exemplo citado no texto refere-se a um isomorfo no qual hastes estão associadas com os discos e o movimento legal consiste de mudar a haste que está associada a um disco particular (SIMON, 1978).

com o conhecimento prévio do solucionador, isto é, a ativação de esquemas.

- Busca por solução – uma vez que o problema é representado, tem início a busca pela solução. Essa pode recorrer a várias estratégias, as quais, para facilitar o processo de resolução, devem ser orientadas por instruções concebidas para facilitar a resolução dos problemas. Essas estratégias podem ser a recordação de problemas análogos, análise de meios-e-fins, decomposição e simplificação com estabelecimento de sub-objetivos e gerar e testar possíveis soluções.
- Implementação da solução – consiste de colocar em execução a solução gerada pelo solucionador aprendiz. Essa etapa conforma um processo iterativo, i.e., repetido, em que se testam procedimentos contidos nos esquemas de conhecimento do solucionador. Se a solução encontrada não realiza o objetivo, o solucionador pode buscar e testar uma nova solução ou promover um ajuste no processo de modo a obter uma nova solução.

2.5.7 Memória de trabalho e a resolução de problemas

No curso do presente capítulo brevemente se referiu a memória de curto prazo e/ou memória de trabalho. Pode-se dizer que o segundo conceito ocupou o lugar do primeiro como resultado de evoluções teóricas e verificações empíricas, um modelo cedendo lugar ao outro. Cabe fazer uma breve distinção entre os dois conceitos de modo a melhor esclarecer a razão pela qual ora se refere a um e ora a outro no presente trabalho. Conforme visto anteriormente, o modelo de resolução de problemas proposto por Newell e Simon (1972) refere-se à memória de curto prazo, em que informações entrantes e resultantes do processo de resolução de problema são processadas. Chamou-se também atenção para a interação entre a estrutura do espaço problema, i.e., o ambiente tarefa, com os limites na memória de curto prazo (SIMON, 1978). Com vista a esclarecer a relação entre os conceitos de memória de curto prazo e memória de trabalho o parágrafo seguinte dessa subseção discute brevemente diferenças teóricas entre os conceitos de memória de curto prazo

(STM)²⁰ e memória de trabalho (WM)²¹. A partir de então passa-se a cuidar da relação entre resolução de problemas e memória de trabalho.

Memória de curto prazo, armazenamento de curto prazo ou memória primária é o sistema de armazenamento temporário simples, i.e., unitário (BADDELEY, 2000, 2012) proposto por Atkinson e Shiffrin em 1968 (BADDELEY, 2000, 2004; BADDELEY; HITCH, 1974; STERNBERG, 2010;). O armazenamento de curto prazo tem capacidade limitada a sete itens, mais ou menos dois (MILLER, 1956) e é capaz de manter informações por período de alguns segundos até alguns minutos. Consiste das informações que permanecem na consciência depois de terem sido percebidas, sendo parte do presente psicológico do indivíduo (EYSENCK; KEANE, 2007; STERNBERG, 2010; KINTSCH, 1998). O armazenamento na memória de curto prazo é frágil, o que implica que qualquer distração provoca esquecimento (EYSENCK; KEANE, 2007).

O termo memória de trabalho é uma evolução do conceito de memória de curto prazo (BADDELEY, 2000, 2003, 2012) e ainda hoje, algumas vezes, são usados como sinônimos (BADDELEY, 2012; KINTSCH, 1998). De um modo geral, trata-se do sistema responsável por processar e armazenar informação durante tarefas cognitivas (ST CLAIR-THOMPSON *et al.* 2010). A diferenciação entre os termos é que, enquanto a memória de curto prazo é vista como um sistema temporário para armazenamento de informação, a memória de trabalho assimila a combinação entre armazenamento e manipulação (BADDELEY, 2000, 2012). Ele surge como uma alternativa à incapacidade do modelo de memória de curto prazo de Atkinson e Shiffrin acolher algumas evidências empíricas. Por exemplo, havia evidências de que a efetividade com que informação é transferida desse sistema para memória de longo prazo depende do nível do processamento e não apenas da manutenção dela na memória de curto prazo. Outra questão é que resultados de pesquisas em neuropsicológicas mostravam que o acesso à memória de longo prazo não dependia fundamentalmente da memória de curto prazo. Além disso, os autores do modelo de memória de curto prazo o concebiam como uma memória de trabalho com importante papel no desempenho dos processos cognitivos. Porém,

²⁰ Sigla referente a *short-term memory*, equivalente à 'memória de curto prazo' em inglês.

²¹ Sigla referente a *working memory*, equivalente à 'memória de trabalho' em inglês.

estudos com pacientes com limitações na *performance* de tarefas relacionadas à memória de curto prazo traziam dados cujas interpretações contrariavam essa visão.

Um relevante aspecto da memória de trabalho é sua capacidade limitada para o armazenamento temporário de aproximadamente sete *slots*, cada um estando apto a acomodar uma unidade de informação. Porém, tal capacidade pode ser melhorada com estratégias de organização do material em fragmentos ou *chunks* significativos, cada um ocupando apenas um *slot*. No entanto, é relevante observar que há divergência quanto a esse número, tendo sido sugerido capacidade limitada de três a cinco *chunks* (ST CLAIR-THOMPSON *et al.* 2010).

Há vários modelos de memória de trabalho, sendo a proposta de Baddeley e Hitch (1974) e posterior modificação (conforme em Baddeley em 2000), a mais duradoura e amplamente utilizada (SOLAZ-PORTOLÉS; SANJOSÉ-LOPEZ, 2009; ST CLAIR-THOMPSON *et al.* 2010; BADDELEY, 2012). A teoria geral incorporada nessa proposta postula um sistema hipotético, de capacidade limitada, responsável pelo armazenamento temporário e pela manipulação de informação requerida em um amplo espectro de atividades cognitivas, tais como compreensão, aprendizagem e raciocínio. Embora referido frequentemente como modelo de memória de trabalho, assinala-se que não se trata de modelo²², mas sim de estrutura teórica do conhecimento acumulado sobre memória de trabalho (BADDELEY, 2000; 2012). Apesar dessa advertência, o presente trabalho se referirá à memória de trabalho como modelo, acompanhando assim a literatura que versa sobre o tema.

O modelo de memória de trabalho é normalmente avaliado por meio da utilização de tarefa para verificar extensão de memória as quais requerem ambos, processamento e armazenamento (ST CLAIR-THOMPSON *et al.* 2010) e tarefas duais²³ (SOLAZ-PORTOLÉS; SANJOSÉ-LOPEZ, 2009). A proposta inicial do modelo está fundamentalmente baseada em evidências empíricas colhidas com a utilização da técnica de tarefas duais. Por exemplo, o participante deve realizar uma tarefa de raciocínio gramatical enquanto ouve e tenta lembrar sequências de dígitos de variadas extensões. A segunda tarefa é um exemplo da chamada tarefa concorrente, cuja função é ocupar em variados níveis o sistema de armazenamento de curto prazo de capacidade limitada do indivíduo. Assim, a ocupação além da

²² Embora frequentemente Baddeley (2000, 2012) tenha feito uso dos termos '*model of working memory*' e M-WM, i.e., Modelo de Memória de Trabalho (M-MT).

²³ *Dual-task* no original.

capacidade do sistema de armazenamento resulta por impedir o desempenho de tarefas que requerem a memória de trabalho (BADDELEY; HITCH, 1974; BADDELEY, 2012).

O modelo inicialmente proposto por Baddeley e Hitch (1974) concebia um sistema múltiplo, isto é, com três componentes, em oposição à ideia de sistema unitário incorporada no conceito de STM mencionado anteriormente. O sistema consta de um controlador de atenção – o executivo central – e seus dois sistemas subsidiários responsável pelo armazenamento – a alça fonológica e o esboço visoespacial. Os dois subsistemas podem ainda combinar informação proveniente de estímulos sensoriais e do executivo central. Posteriormente, Baddeley (2000) propõe que a estrutura seja acrescida do *buffer* episódico que tanto pode ser visto como um novo componente, como um fracionamento do executivo central. Os componentes são como módulos no sentido de que compreendem processos e sistemas de armazenamento. Há forte interconexão dentro do módulo, porém, entre eles a interconexão é mais fraca, havendo ainda conexões mais remotas com outros sistemas tais como percepção e memória de longo prazo (BADDELEY, 2012).

Em suma, esses conceitos são acomodados no modelo da memória de trabalho da seguinte maneira: executivo central, o principal componente da memória de trabalho, controla e está conectado à atenção. Ele é apoiado por dois subcomponentes de armazenamento específicos: a alça fonológica e o esboço visoespacial. Esses dois componentes, por sua vez, são especializados em informação verbal e visual/espacial, respectivamente. Já o *buffer* episódico é responsável por integrar informação proveniente desses dois subcomponentes com a memória de longo prazo. Ainda em relação ao modelo é assumido que o executivo central executa o processamento, ao passo que a alça fonológica e o esboço visoespacial cuidam do armazenamento (ST CLAIR-THOMPSON *et al.* 2010).

Relativamente ao papel da memória de trabalho no processo de resolver problemas é interessante destacar o trabalho de Hambrick e Engle (2003). Os autores assinalam que a capacidade de memória de trabalho prediz desempenho em várias tarefas de compreensão e raciocínio, porém, o que conta para essa relação preditiva permanece em aberto. No entanto, evidência disponível é consistente com a hipótese de que capacidade da memória de trabalho é uma capacidade geral de processamento da informação correspondendo à atenção controlada. Por outro lado, eles destacam que pouco é sabido sobre o papel da

memória de trabalho em tarefas tradicionalmente estudadas na pesquisa de resolução de problemas. Todavia, os autores especulam sobre como memória de trabalho pode contribuir no desempenho em tais tarefas e apontam direções para estudos futuros.

Por exemplo, a alça fonológica (ou manutenção da informação baseada no discurso) pode desempenhar um papel importante em tarefas como a Torre de Hanói em relação à compreensão das instruções da tarefa. Eles sugerem também que o funcionamento do executivo central (ou capacidade da memória de trabalho) deve desempenhar um importante papel na resolução de problemas. Por exemplo, uma das funções primárias da capacidade da memória de trabalho é manter representações de memória em estado altamente ativado e acessível. Esta função pode ser importante na superação de impasses na resolução de problemas pela reunião de informações de múltiplas tentativas de resolução de problema. Em adição, a habilidade de retirar informação do foco de atenção pode ser crítico quando o indivíduo deve mudar de um modo de resolver o problema para outro.

Além disso, segundo os autores outros estudos sugerem que a capacidade da memória de trabalho contribui para desempenho em tarefas complexas de resolução de problemas, mesmo quando o efeito do domínio do conhecimento é levado em consideração. Assim, eles acreditam que pesquisas adicionais referentes à interação entre domínio do conhecimento e capacidade da memória de trabalho são particularmente informativas no que se refere à importância da capacidade da memória de trabalho na resolução de problemas (HAMBRICK; ENGLE, 2003).

Os pesquisadores propõem modelo de memória de trabalho para resolução de problemas cujo princípio é que a capacidade da memória de trabalho deve se correlacionar com o desempenho cognitivo somente quando processamento controlado é demandado. Isto é, perante a necessidade de manter informação relevante à tarefa em estado altamente ativado em face de distração ou interferência, ou porque informações distratoras devem ser inibidas. Uma implicação desta suposição é que, na ausência de tais condições, o desempenho pode prosseguir com pouco ou sem envolvimento de capacidade de memória de trabalho. Conseqüentemente, essa não é sempre importante, e, assim, não deveria ser sempre correlacionada positivamente com desempenho (HAMBRICK; ENGLE, 2003).

Em suma, embora a capacidade limitada da memória de trabalho tenha sido assinalada como fator preditivo em processos de resolução de problema, não parece que esse papel seja muito claro. Por outro lado, compreender a memória de trabalho requer atenção também quanto ao papel desempenhado pelas representações externas e ações e suas interações com representações internas e ações (CARY; CARLSON, 2001). Ou seja, a segunda tem o poder de desonerar a carga da primeira (HERTEL, 1993; PFEIFFER, 2004; ZHANG; WANG, 2009). Esse assunto é explorado no próximo tópico.

2.5.8 Representações externas - memória externa

Anteriormente discutiram-se representações mentais como processos cognitivos pelos quais o solucionador constrói o espaço problema. Nessa subseção o objetivo é apresentar um pouco mais sobre representações externas, i.e., memórias externas, essas apontadas por Newell e Simon (1972) com um componente de fundamental relevância na resolução de problemas.

Estudiosos da área distinguem entre representações externas previamente produzidas e aquelas construídas pelos próprios indivíduos. As primeiras são apresentadas para serem interpretadas por outros indivíduos e como um modo de comunicação do saber cognitivo direcionado para um público. Já as representações produzidas para uso privado, tais como um rascunho, são possivelmente reflexos válidos de processos cognitivos externalizados, em especial se comparados com as primeiras (COX, 1999).

Durante a construção da representação externa, os indivíduos examinam suas próprias ideias, reordenam e traduzem informação de uma modalidade para outra (re-representa) e mantêm controle de seus progressos no problema. Porém, indivíduos parecem diferir largamente na extensão pela qual eles externalizam seus raciocínios. No domínio do raciocínio analítico, pelo menos, a minoria dos indivíduos são bem sucedidos em resolver problemas 'em suas cabeças'. Alguns indivíduos produzem representações externas parciais ou mínimas as quais parecem funcionar principalmente com memórias auxiliares. Outros indivíduos constroem representações externas compreensivas e parecem se empenharem completamente no raciocínio baseado no modelo no qual a representação externa é central para o

raciocínio – trabalho de cálculo é executado durante a construção da memória externa e soluções para problema são lidas a partir da representação (COX, 1999).

Observa-se que representações externas podem ser gráficas, como diagramas, tabelas, mapas, plantas, ou linguísticas, como a linguagem natural, lógica, entre outros (COX, 1999). São entendidas ainda como repositórios de conhecimento, tais como livros, computadores, arquivos, manuais técnicos, notas, listas, diários e a mente de outras pessoas (HERTEL, 1993). Elas podem ser também construídas pelo solucionador do problema (COX, 1999), o qual pode fazê-lo com recurso, por exemplo, lápis e papel que os auxilia em cálculos (CARY; CARLSON, 1999) e com os quais traça suas próprias representações.

No entanto, tais repositórios externos somente se tornam memórias externas quando o indivíduo tem contato com ele. Por terem natureza de estrutura, tende-se a fazer pensar, algumas vezes, que também a mente é similarmente estruturada. Por outro lado, a construção de tais repositórios são reflexos da noção mental de similaridade e diferença, sendo aqueles construídos de tal modo a atenderem tais noções. Assim pode ser observado, por exemplo, que memórias externas são organizadas devido ao reconhecimento dos efeitos da organização em processos de recuperação de informação/conhecimento (HERTEL, 1993).

O papel da memória externa em processos como aprendizagem, recordação e resolução de problemas tem sido abordado em vários trabalhos na Psicologia Cognitiva. Hertel (1993), por exemplo, ressalta a implicação do uso de memória externa – também chamada de conhecimento externo ou auxílio externo – em relação à mente. Ela assinala que o reconhecimento da interação entre registros físicos e mentais tem influenciado o *design* de repositórios externos ou artefatos cognitivos, inclusive no desenvolvimento de *softwares*. Porém, segundo a autora, menos atenção teria sido dispensada ao modo como as memórias externas afetam a construção de ‘repositórios mentais’.

Memórias externas influenciam a aprendizagem uma vez que características dos conhecimentos internos ou externos estabelecem *trade-offs* na escolha de qual dos dois tipos fazer uso uma vez que ambas envolvem níveis variados de esforço na utilização desses repositórios. Assim, as decisões de armazenar ou não conhecimento externamente dependem não apenas da natureza do conhecimento, mas da relativa facilidade percebida em relação a aprender ou armazenar e lembrar

ou recuperar. Tal decisão envolve a análise custo-benefício *a priori* a respeito da aprendizagem de um texto ou armazenamento do mesmo em arquivo de computador. A segunda opção, por exemplo, demanda aprender a localização (nome do arquivo) e a identificação (essência). Achados de pesquisa indicam que há preferência por memorizar texto simples, a menos que o nome do arquivo corresponda à essência do texto (HERTEL, 1993).

Por outro lado, a aprendizagem é afetada também pelo processo de construção e interação com representações externas. A construção de representações externas resulta de iterações e interações dinâmicas entre modelos externos e modelos mentais à medida que o aprendiz constrói uma versão pessoal da informação apresentada. Tal atividade representa mais do que a simples tradução uma vez que a inclusão de sinais (linguagem, diagramas, etc.) em uma ação significa mais do que facilita manobras que são impossíveis na ausência desse sistema de sinais. Eles fundamentalmente transformam a ação (COX, 1999).

Um tipo de representação externa comumente utilizada na resolução de problemas são os diagramas. Esses são entendidos como memórias externas auxiliares que tem potencial de afetar tarefas de raciocínio (HEGARTY; STEINHOFF, 1997; COX, 1999) e resolução de problemas que requeiram muita memória de trabalho. Em problemas de mecânica, por exemplo, observou-se que *experts* utilizam diagramas detalhando-os à medida que etapas do processo de resolução são concluídas. Ao adotar esse procedimento a memória de trabalho é aliviada, uma vez que os resultados atingidos em cada etapa são anotados no diagrama, não havendo a necessidade de mantê-los ativos na memória de trabalho. Porém, essa estratégia requer que o solucionador tenha conhecimento metacognitivo de que o problema onera sua memória de trabalho e de que essa pode ser mitigada com a utilização daquele recurso. Nesse contexto, o solucionador reconhece que o problema pode ser decomposto em etapas mais simples, as quais são executadas em sequência, e que os resultados podem ser anotados no diagrama, liberando a memória de trabalho dessas informações (HEGARTY; STEINHOFF, 1997).

A explicação mais frequente para que representações externas do problema influencie o desempenho é a de que elas aumentam a capacidade da memória de trabalho, impactando na facilidade com que uma tarefa é executada (CARY;

CARLSON, 1999, 2001; HERGARTY; STEINHOFF, 1997; ZHANG; WANG, 2009). Assim, a disponibilidade de memórias externas afeta a resolução de problemas porque o solucionador utiliza o ambiente para manter informação relevante, o que reflete uma categoria principal de restrições situacionais nesse processo cognitivo (CARY; CARLSON, 1999).

O uso de memória externa na resolução de problemas significa, por exemplo, a disponibilidade de papel e caneta para registrar informações relacionadas ao problema. O contrário, isto é, a ausência desse material, afeta o desempenho em tarefas como problemas aritméticos no que se refere a erros cometidos, repetição no cálculo, entre outros (CARY; CARLSON, 1999; 2001). Do mesmo modo, a possibilidade de detalhar diagramas apresentados juntamente com problemas de mecânica, influenciam a *performance* visto que aliviam a carga da memória de trabalho (HEGARTY; STEINHOFF, 1997). Isso porque a informação registrada dessa forma será coletada e representada somente no momento em que for necessária (ZHANG; WANG, 2009).

Mas não somente o desempenho final é afetado com também a estrutura objetiva e a trajetória adotadas pelo solucionador para executar a tarefa. Em face da indisponibilidade de memória externa o solucionador pode enfrentar dificuldades em manter todos os elementos do problema juntos na busca pela solução. Consequentemente ele pode alterar o curso normal com que lidaria com a situação a fim de aliviar a demanda da memória de trabalho. Por outro lado, o auxílio de memória externa afeta rotinas da resolução de problemas de duas maneiras. Uma é a maior probabilidade de que o solucionador adote rotinas que correspondam com a estrutura conceitual de um domínio. A redução de demandas cognitivas durante a aprendizagem também permitem melhor exploração do espaço possível da trajetória rumo à solução. Adicionalmente, a memória externa como auxílio diminui a necessidade de estabelecer rapidamente sequência consistente de ações para resolver o problema. Enquanto participantes com apoio em memória externa tendem a utilizar trajetórias de solução que correspondem à representação conceitual do problema, participantes sem tal auxílio preferem optar por trajetórias que aliviem a demanda da memória de trabalho (CARY; CARLSON, 1999).

Embora o apoio em memórias externas possa aliviar a carga na memória de trabalho, a utilização dessas depende da coordenação entre recursos das memórias

internas e externas. Quando o solucionador faz uso de fontes externas ele pode não registrar toda informação relevante, escolhendo manter algumas internas e outras externamente. Portanto, coordenação e integração de informação armazenada com o processo em andamento requer que o solucionador mantenha resultados intermediários que possam ser acessados quando necessário. À medida que os indivíduos adquirem habilidade e fluência em um dado domínio, eles se tornam mais eficientes nessa coordenação. Isso implica na variação do modo como eles distribuem a demanda da memória de trabalho entre as fontes de informação interna e externa (CARY; CARLSON, 2001).

Estudos no campo da cognição distribuída demonstram que a influência de representações externas sobre o desempenho cognitivo relaciona-se ainda com a quantidade e formato dessas representações. Representações externas são separadas da representação interna na memória de trabalho uma vez que aquelas não precisam ser re-representadas internamente para serem utilizadas na resolução de problemas. Isso porque a interação entre processos perceptuais e cognitivos se encarrega de integrar informação percebida de representações externas e informação recuperada de representação interna (ZHANG; WANG, 2009).

Acrescenta-se ainda que o solucionador procede numa espécie de análise de custo-benefício no uso da memória externa, a qual envolve vários aspectos tais como:

- Relevância da informação a ser lembrada em relação ao objetivo da tarefa. Por exemplo, pode ser crucial manter resultados intermediários.
- Durabilidade das representações internas e externas. Em especial em problemas aritméticos, informação registrada externamente é mais durável que informação mantida internamente.
- Codificação de informação para armazenamento externo pode requerer mais esforço do que codificação para armazenamento interno, principalmente em tarefas aritméticas que são provavelmente codificadas verbalmente.
- Esforço requerido e probabilidade de sucesso na recuperação e coordenação da informação armazenada com processamento em andamento.

- Distribuição da demanda da memória de trabalho através de modalidades. Por exemplo, o ensaio verbal para armazenamento pode interferir no processamento em andamento, enquanto armazenamento externo pode reduzir custos de armazenamento e coordenação pela distribuição entre armazenamento verbal e visual.
- Distribuição da demanda da memória de trabalho pode incorrer em custos adicionais mais altos visto requererem o emprego de processos metacognitivos na organização de estratégias usada pela memória de trabalho (CARY; CARLSON, 2001).

Representações externas podem afetar também o curso e o tipo de raciocínio (COX, 1999). Há evidências de que o processo de resolução com apoio em representação física externa do problema sofre redução do número de etapas, de erros e do tempo necessário ao andamento do processo. Esses efeitos, conforme já visto, têm a ver com a limitada capacidade cognitiva na manutenção e manipulação de informações do problema. A resolução sem o suporte de memória externa impõe demandas elevadas à memória de trabalho enquanto que o suporte de memória externa alivia a demanda. A exceção são problemas muito simples ou o uso, pelo solucionador, de técnicas de codificação altamente especializadas.

No entanto, recorrer à memória externa pode ser evitado caso isso signifique um custo que possa ser evitado, como, por exemplo, o esforço físico de tomar notas ou de requer informação a outrem. A verificação dessa hipótese foi feita por meio de dois experimentos, os quais são descritos e discutidos posteriormente, juntamente com outros estudos que exploram a influência da memória externa no processo de resolver problemas (PFEIFFER, 2004).

2.5.8 A solução do problema

No geral, pode-se afirmar que em se tratando de resolução de problemas a solução é o objetivo do solucionador. Porém, tais soluções também podem ser classificadas. Assim, elas podem ser convergentes, isto é, uma simples e conhecida solução. Mas também podem se apresentar como divergentes, tendo em vista evidências e opiniões contraditórias, de modo que às vezes a solução apontada por

ser uma dentre várias alternativas. E neste caso, uma solução pode trazer vantagens e desvantagens ao mesmo tempo. Um aspecto crítico da resolução de problemas é que a solução para o problema não está aparente ou especificada no enunciado. Desde modo, cabe ao solucionador identificar não apenas a natureza do problema como também deve apontar uma solução aceitável e o processo pelo qual se tornou possível chegar a ela (JONASSEN, 1997).

No cerne das razões que levam a uma solução errada, ou inapropriada está a representação do problema. É possível, e mesmo comum, a representação com adição ou exclusão inapropriada de um ou mais aspectos ao problema, tornando a solução impossível. Ou ainda, os solucionadores podem codificar o estado objetivo incorretamente. Nesse caso, eles não saberão qual situação final procurar, tornando a solução inacessível (CHI; GLASER, 1985). Além disso, apesar de tipicamente a resolução de problemas ser entendida como algum método aplicado em um espaço problema fixo, também é possível que mudanças ocorram no espaço como consequência da re-representação de estados do problema ou dos operadores ou pela adição de novos operadores. Estes tendem a serem problemas de soluções mais perspicazes (ANDERSON, 1993).

2.6 Influência das principais variáveis do estudo

As seções anteriores trataram dos três conceitos centrais investigados no presente trabalho. Discutiu-se também a relação entre eles, realçando o papel desempenhado pelo enunciado do problema no processo de resolução desse. Adicionalmente, realçou-se o papel da estrutura de conhecimento em face da informação e como aquela atua nesse processo. A próxima seção é dedicada a destacar resultados de pesquisa empírica em que a quantidade de informação, o enunciado do problema, a estrutura de conhecimento e processo resolução de problemas tenham sido tema. O objetivo é trazer à discussão as relações de causa e efeito que as evidências desses estudos têm demonstrado no sentido de subsidiar o modelo e as hipóteses aqui levantadas.

2.6.1 Influência da quantidade de informação

Há uma variedade de estudos que discutem os efeitos da quantidade de informação em processos tais como aprendizagem (CULROSS; DAVIS, 1973), tomada de decisão (HWANG; LIN, 1999; ISELIN, 1989; SHANTEAU, 1992;), tomada de decisão em comportamento de consumo (KIM, 2006; LURIE, 2004; SICILIA; RUIZ, 2010; ALJUKHADAR; SENEAL; DAOUST, 2010). Embora versem sobre temas variados e cujos resultados não apontem em uma única direção, acredita-se que algumas contribuições e explicações podem ser obtidas, em especial quanto ao comportamento de indivíduos em face de variações nas cargas de informação.

Culross e Davis (1973) objetivaram verificar, experimentalmente, como estratégias e desempenho de indivíduos são afetados pelo aumento da quantidade de informação relevante ou irrelevante. Com o experimento delineado como medidas repetidas foram verificados três fatores. O primeiro desses, a quantidade de informação, apresentada com 3, 5 ou 7 dimensões ou *bits*, constou da exibição de cartões-estímulo para cada nível de informação, o qual foi composto de 8, 32 ou 128 cartões respectivamente. O segundo fator, o tipo de informação, foi classificado entre relevante e irrelevante. E o terceiro, é caracterizado pela apresentação de quatro blocos de problemas contendo 4 problemas cada. Os dados foram coletados para três variáveis dependentes: estratégia focalizada²⁴, número de cartões escolhidos para solução e tempo utilizado na tarefa. A tarefa consistiu da resolução de 16 problemas de identificação de conceitos. Embora os 60 estudantes de psicologia educacional estivessem cientes de que o tempo despendido na tarefa seria registrado, eles foram também instruídos a se aterem mais na acurácia da resposta do que na velocidade de resolução dos problemas.

Os procedimentos incluíram a variação da quantidade de informação considerando a adição de dimensões relevantes ou irrelevantes, do mesmo modo que o tipo de informação variando em termos de relevante ou irrelevante. Metade do grupo de tratamento recebeu a variação na quantidade de informação pelo acréscimo de dimensões relevantes enquanto o número de dimensões irrelevantes permaneceu constante em duas dimensões. A outra metade do grupo, a variação no

²⁴ *Focusing strategy* no original.

total de complexidade resultou da adição de dimensões irrelevantes, enquanto o número de dimensões relevantes foi mantido constante em duas dimensões. Os resultados indicaram que o desempenho foi melhor quando a adição de informação relevante foi a fonte de informação. Do mesmo modo, melhor desempenho foi observado ante a condição de 3 *bits* na quantidade de dimensões da informação do que com 5 ou 7 *bits*. Além disso, os resultados não significantes na condição 3 *bits* sugerem que o desempenho é estável para os problemas envolvendo baixos níveis de complexidade (CULROSS; DAVIS, 1973).

Por sua vez, Iselin (1989) objetivou investigar o impacto da diversidade informacional nos efeitos da sobrecarga de informação em tarefas de tomada de decisão não estruturadas²⁵. A variável independente diversidade informacional refere-se **número de diferentes dimensões, isto é, atributos independentes ou não relacionados, em um conjunto de pistas proporcionadas para um decisor**. A manipulação dessa variável envolveu mudanças na diversidade relativa mantendo a carga de informação constante, com diferentes dimensões sendo substituídas por igual número de dimensões repetidas e vice versa.

Alguns dos resultados do estudo mostraram que a diversidade informacional tem impacto significativo sobre o tempo utilizado na tomada de decisão. Isto é, maior diversidade implica em mais tempo no processo. Porém, a diversidade informacional não afeta o desempenho na tarefa (medida em termos de lucro de empresas), embora os indivíduos na condição de grande diversidade usaram significativamente mais tempo de decisão do que aqueles na condição de pouca diversidade (ISELIN, 1989).

O objetivo na pesquisa de Hwang e Lin (1999) foi testar o efeito das dimensões diversidade e repetição da informação na qualidade da decisão. Eles relatam que estudos que relacionam carga da informação, processamento da informação e qualidade da decisão têm demonstrado resultados mistos. Em alguns a relação entre carga de informação e qualidade da decisão tem sido descrita como uma curva em U invertido. Outros estudos mencionam que à medida que indivíduos

²⁵ Decisões não estruturadas têm os mesmos elementos das decisões estruturadas – dados, processo e avaliação –, porém diferem dessas porque cada decisor pode utilizar os dados e processos diferentes para chegar à conclusão. Os tomadores de decisão não estruturadas são normalmente experientes e *experts* tendo suas habilidades individuais de decisão valorizadas. Veja mais em: <http://www.referenceforbusiness.com/small/Co-Di/Decision-Support-Systems.html>, acesso em 26/04/2011.

empregam pistas informacionais, com aumento de carga informacional, seguiu-se uma curva em U invertido, mas a qualidade de suas decisões diminuiu monotonicamente. Há estudos que demonstram que mudanças na qualidade da decisão não foram significativas em diferentes níveis de carga de informação. Segundo os autores, a inconsistência desses achados pode ser atribuída à inadequação na mensuração da variável carga de informação e falha no controle do efeito de variáveis intervenientes²⁶. Por exemplo, pistas informacionais podem ter diferentes dimensões com efeitos variáveis na carga de informação e conseqüentemente na qualidade da decisão. O resultado do estudo, que envolveu a meta-análise de relatórios de previsão de falência empresariais, trouxe evidências de que a qualidade da decisão sofre com acréscimos em diversidade e em repetição no conjunto de pistas informacionais. Isso indica que mais informação nem sempre é melhor em termos de dimensão da informação. Mesmo um moderado acréscimo na dimensão da informação pode colocar obstáculos à qualidade da decisão.

Lurie (2004) indica a utilização do conceito de estrutura informacional como medida da quantidade de informação dentro de um conjunto de escolhas e também como medida da quantidade média de informação associada a um elemento em particular. Ele acredita ainda que a estrutura informacional pode ter importantes implicações para o processamento da informação na tomada de decisão influenciando a qualidade dessa. Isso porque decisores frequentemente adaptam o processo de decisão ao meio em que ele ocorre (LURIE, 2004).

A discussão proposta por Lurie (2004) ocorre dentro de um contexto de decisão relacionadas ao consumo. Assim, a concepção de uma abordagem estrutural da informação parte do pressuposto de que há múltiplas dimensões (fatores) determinando a quantidade de informação (resultados potenciais). Nesse sentido, a quantidade de informação em um conjunto de escolhas, a ideia de estrutura informacional funciona como uma medida deve proporcionar um indicador da quantidade de processamento de informação necessária para tomar uma decisão. As dimensões dizem respeito ao número de alternativas, de atributos, de diferentes níveis de atributos associado com cada produto e a distribuição dos níveis de atributos entre as alternativas do produto. Conseqüentemente, elas precisam ser

²⁶ *Counfounding variables* no original.

processadas pelos consumidores em suas escolhas entre um dado conjunto de alternativas de produtos.

A abordagem estrutural sugere que a quantidade de informação a ser processada aumenta com o número de níveis de atributos e é maior quando esses ocorrem com probabilidade de distribuição uniforme. Isso significa que a probabilidade de sobrecarga de informação deve ser maior e a qualidade da escolha pior quando níveis de atributos são uniformemente distribuídos ao longo das alternativas ou quando há mais níveis de atributos. Adicionalmente, acrescentar o número de alternativas em um conjunto de escolhas pode levar à sobrecarga quando todos outros fatores são mantidos constantes. No entanto, o mesmo aumento no número de alternativas pode não resultar em sobrecarga quando fatores tais como a distribuição dos níveis de atributos ao longo das alternativas e o número de níveis de atributos são também modificados. Isto implica que o impacto do número de alternativas sobre a qualidade da escolha será mediada pela estrutura informacional (LURIE, 2004).

Ao contrário de estudos em que a operacionalização da variável carga de informação é atingida pela contagem do número de alternativas e níveis de atributos num meio informacional, ao considerar a distribuição e o número de níveis de atributos implicando em mais alternativas não necessariamente significa mais informação. Tais argumentos são apoiados, por exemplo, pelos achados do Estudo 1 conduzido pelo autor. Além disso, os resultados do Estudo 1 contrariaram estudos prévios nos quais se afirmava que a probabilidade de sobrecarga aumenta apenas em conjunto de escolhas com mais alternativas, mantido o número de atributos constante. Isto porque, sob a perspectiva da abordagem estrutural a sobrecarga pode ocorrer mesmo quando não há modificações no número de atributos ou alternativas, mas se a distribuição dos níveis de atributos ao longo das alternativas vier a ser mais uniforme (LURIE, 2004).

No Estudo 2 os resultados proveram *insights* adicionais sobre a relação entre estrutura informacional e sobrecarga de informação pela mensuração da aquisição de informação em respostas às mudanças na estrutura informacional. Quando o conjunto de escolhas contém mais informação por elementos, menos aquisições são feitas, mais tempo é utilizado por aquisição, e os consumidores tornam-se mais seletivos em tais aquisições. Esse estudo também mostra que mudanças na estrutura informacional por meio do aumento da quantidade de informação em um

conjunto de escolhas pode resultar no declínio na qualidade da decisão, mesmo se não houver mudanças no número de atributos ou alternativas (LURIE, 2004).

Por fim, o Estudo 3, ajuda a descrever a conexão entre estrutura informacional, quantidade de processamento da informação e a qualidade da decisão pela aplicação de diferentes regras para ambientes de múltipla informação. Os resultados desse estudo mostram que a estrutura informacional afeta o processamento da informação e a qualidade da decisão, mas que estes efeitos dependem de qual estratégia de decisão é utilizada. Além disso, Estudo 3 demonstra que aumento a quantidade de informação em um conjunto de escolhas leva ao aumento do processamento da informação, e que tal processamento faz a mediação da relação entre estrutura informacional e sobrecarga de informação (LURIE, 2004).

Os relatos precedentes referem-se à tomada de decisão e aprendizagem em relação à variação na quantidade de informação. No entanto, há pesquisas dedicadas a verificar o impacto de diferentes quantidades de informação no desempenho de indivíduos em relação a seus comportamentos de consumo. Kim (2006) conduziu estudo com o objetivo de verificar, entre outros, o papel da quantidade de informação em sites *on-line* de vestuários em relação ao comportamento de compras de consumidores, isto é, a satisfação, percepção de risco e compras. No referido estudo a quantidade de informação é operacionalmente definida com o número de atributos informacionais proporcionados por um *website*. O autor parte de suposições tais como a de que proporcionar informação suficiente é um fator significativo da qualidade do serviço baseado na *web*. A informação disponível tem sido apontada como uma das razões cruciais para as compras *on-line*, sendo entendida como dimensão chave da qualidade do *website*. O nível de informação torna mais fácil a tomada de decisão do consumidor o que aumenta sua satisfação na experiência de compra. Outras pesquisas indicam a existência de relação positiva entre o número de atributos de informação proporcionados pelo *website* e a satisfação do consumidor (KIM, 2006).

Especificamente em relação à pesquisa de Kim (2006), achados revelaram, entre outros, que há efeito principal significativo da quantidade de informação sobre satisfação, percepção de risco e compras. Isto é, quando a quantidade de informação no *website* é alta os consumidores se apresentam mais satisfeitos. Já em relação à percepção de risco, esse é inversamente acompanhado pela

quantidade de informação. Ou seja, mediante alta quantidade de informação os participantes percebe menor risco em relação ao *website*. No que diz respeito a resposta de compras, a alta quantidade de informação contribui para resultados positivos de compras pelos consumidores.

Sicilia e Ruiz (2010) contribuem com seu estudo na compreensão do comportamento do consumidor em relação à quantidade de informação. Além disso, também apresentam uma interessante metodologia desenvolvida na tentativa de enfrentar às dificuldades de medir quantidades de informação. O experimento contou com 105 respondentes visitando *website* o qual se caracterizava por variar em termos de níveis de informação. O estudo utilizou três níveis indicativos das variações na quantidade de informação: pouca, média e grande quantidades de informação. Com esses procedimentos os autores acreditam ter demonstrado o acréscimo e o decréscimo no processamento da informação, condição essa necessária para evidenciar a sobrecarga de informação. Adicionalmente foi requerido aos participantes que avaliassem, por meio de escala *Likert*, a quantidade de informação no *website*. Três versões do *website* foram criadas de modo a possibilitar a manipulação da quantidade de informação. A criação de tais *websites* observou os achados de estudos prévios, nos quais progressivamente o número de atributos foi aumentado, representando uma escala graduada e crescente de informação. Estimativas do número ótimo de atributos têm variado de 4 a 15. Além disso, os autores optaram também por fazer comparações com *websites* reais para decidir o número de atributos a incluir. Finalmente, o número de atributos em cada condição – 3, 10 e 22 – foi determinado após vários pré-testes que auxiliaram no exame de se as manipulações da quantidade de informação haviam sido bem sucedidas. Por exemplo, para o produto computador (um dos produtos à venda no *website* experimental) constaram os atributos: preço, imagem e processador na condição pouca quantidade de informação. Atributos adicionais foram incluídos nas condições média e muita informação, e similar procedimento foi adotado para os demais produtos expostos no *website*.

O estudo oferece evidências empíricas do formato de U invertido – não linearidade – relacionando elaboração do conteúdo e quantidade de informação em um *website*, o que enfatiza o problema da sobrecarga de informação em relação à compras na internet. Isso realça o argumento de que deve haver um nível ideal de informação a ser oferecida. Ante a grande quantidade de informação disponível no

website, a elaboração do conteúdo claramente diminui dando lugar a pensamentos irrelevantes se comparados com situação de média quantidade de informação. Desde modo, o experimento traz duas importantes evidências. Em primeiro lugar, os resultados confirmam que muita informação provoca seletividade e prejudica o processamento. Em segundo lugar, o estudo lança luz sobre a questão do tipo de respostas cognitivas que são desempenhadas pelos indivíduos em função da quantidade de informação contida no *website*. Cabe ainda acrescentar que tanto elaboração do conteúdo quanto elaboração de pistas periféricas aumentam quando o *website* contém uma quantidade média de informação em se comparado com a apresentação pouca quantidade de informação no *website*. Portanto, uma quantidade adequada de informação exerce um efeito similar sobre o envolvimento, gerando um processo cognitivo que permite uma maior elaboração e assimilação da informação (SICILIA; RUIZ, 2010).

Por sua vez, Aljukhadar, Senecal e Daoust (2010) conduziram experimento (pré-teste) randomizado com diferentes níveis de carga de informação que contou com a participação de 466 indivíduos na escolha de *laptop* em *website* e com opção de consultar as recomendações do agente de vendas. Os autores partem dos resultados de pesquisas sobre a variação na quantidade de informação e o consequente impacto na qualidade da decisão. A sobrecarga de informação ocorre devido aos limites humanos em assimilar e processar informação dentro de qualquer prazo. De acordo com estudos neste campo, consumidores lidando com altos níveis de informação findam por sobrecarregar suas limitadas capacidades de processamento da informação, com consequências disfuncionais tais como fadiga cognitiva e confusão. Uma vez que tal capacidade é excedida, informação incremental encontrada leva a reduções modesta ou insignificante na qualidade da decisão. De acordo com a literatura da área, a relação entre carga de informação e sobrecarga percebida caracteriza-se por ser complexa e não do tipo linear. (ALJUKHADAR *et al.*, 2010).

Os resultados do pré-teste sugerem relação curvilínea entre a carga de informação e a sobrecarga percebida. Isso indica que o impacto de incrementos às informações do produto após alguns níveis dessas não apresentam influência relevante no direcionamento das percepções de sobrecarga. O consumidor faz uso de decisões heurísticas em face de altos níveis de sobrecarga de informação, o que auxilia na explicação dos achados. Esses dão suporte à noção de que a utilidade de

consultar recomendações do produto aumenta à medida que a carga de informação e sobrecarga percebida aumentam. Neste estudo, o aumento nas consultas das recomendações do produto face aos acréscimos na sobrecarga de informação foi interpretada como uma heurística de processamento da informação. (ALJUKHADAR *et al.*, 2010).

Em resumo, dois aspectos podem ser constatados a partir dos estudos descritos anteriormente. Primeiro é que eles representam uma mudança de perspectiva sob a qual explicar os efeitos da apresentação e carga de informação em processos como tomada de decisão e comportamento de consumo. De Culross e Kent (1974), cujos resultados apenas descrevem um efeito atribuível a uma causa, sem explicar os processos envolvidos, isto é, o porque do efeito a partir da causa, estudos como os de Sicilia e Ruiz (2010) e Aljukhadar (2010) explicam os desempenhos observados em seus estudos a fatores cognitivos, como o efeito da sobrecarga de informação sobre a capacidade de processamento de informação a que o indivíduo está limitado.

Em segundo lugar, embora tais estudos ofereçam indicações dos efeitos associados à variação da quantidade de informação em atividades humanas, os mesmos trazem uma miríade de perspectivas sob a qual conceber 'informação' e conseqüentemente a operacionalização da variável 'quantidade de informação'. Porém, em comum eles realçam que, independentemente de como se mensura tal quantidade, em processos de decisão em geral ou de comportamento de consumo, a maior quantidade de informação reflete na pior qualidade da decisão. Entretanto, cabe ressaltar que achados de Kim (2006), nos quais a maior quantidade de informação aparece como aspecto positivo sob a ótica do usuário da informação, relacionada à maior satisfação, menor percepção de risco e maior quantidade de compras do consumidor.

Essa 'contradição' entre o que o usuário da informação percebe e sua *performance* é também realçada no estudo de Tsai, Klayman e Hastie (2008). Os autores ressaltam que decisores não são suficientemente conscientes de suas limitações cognitivas que os impede de se beneficiarem de grandes quantidades de boa informação. No estudo conduzido pelos pesquisadores, observou-se que o julgamento quanto a confiança aumenta firmemente à medida que se acrescentam pistas acumulando informação relevante à tomada de decisão, o mesmo não ocorrendo com a acurácia. Como resultado os achados revelam discrepância

considerável no binômio confiança-accurácia sugerindo que decisores não se ajustam às suas limitações cognitivas no uso da informação.

Cabe ainda destacar o trabalho de Shanteau (1992) uma vez que esse focaliza a quantidade de informação utilizada em tomada de decisão como preditora nível de *expertise* do decisor. O autor afirma que a maioria dos pesquisadores desse tema aceita argumento que pode ser dividido em duas partes. Primeiro, há a sustentação de que decisões efetivas devem considerar todas pistas que são diagnósticas ou preditivas dos resultados delas. Segundo, a maioria dos tomadores de decisão usam heurísticas simplificadoras ao fazerem julgamentos. Nesse caso, decisores geralmente baseariam seus julgamentos em um pequeno número de pistas, frequentemente subutilizadas. Assim, o autor denomina de hipótese informação-uso a suposição de que *experts* usam mais informação que *não-experts*. Como consequência, a quantidade de informação utilizada refletiria o nível de *expertise* do decisor.

A verificação da validade dessa hipótese conta com duas análises de estudos. A primeira parte faz a revisão da literatura quanto a estudos em que se assume a hipótese informação-uso. Na segunda parte o autor revisa cinco estudos recentes à época de seu levantamento. A finalidade é comparar literatura prévia com a dos estudos recentes objetivando verificar a aderência da referida hipótese. Na primeira parte, o autor observou que o uso da informação por *experts* é limitada a alguns pistas, isto é, decisores não consideram toda pista disponível. Uma possível explicação é que *experts* frequentemente são influenciados por pistas irrelevantes, contrariando a ideia de que eles são seletivos e utilizam apenas informação relevante ou diagnóstica. Porém, há consideráveis evidências de que pistas irrelevantes influenciam inapropriadamente o julgamento de ambos novatos e *experts*.

Na segunda parte do estudo, a de revisão de cinco estudos mais recentes à época, ele observou a quantidade de informação utilizada por novatos intermediários em comparação com *experts* na realização de tarefas desafiadoras. A conclusão é que esses cinco estudos, embora variando em método, trazem em comum evidências de que julgamento de *experts* e novatos baseiam-se em quantidades semelhantes de informação relevante. Portanto, considerados conjuntamente as evidências dos estudos se opõem à hipótese informação-uso. Em suma, nesses

trabalhos observou-se que *experts* não diferem de novatos em termos de quanta informação é utilizada, mas sim qual informação é utilizada.

Diante das contradições observadas entre os resultados de ambas as fases do estudo, o autor elenca quatro possíveis explicações. A primeira quanto à possibilidade categorização errônea dos participantes como *experts*, embora ele argumente ser improvável que todos tenham cometido o mesmo erro. A segunda possibilidade é que as tarefas escolhidas não fossem representativas dos problemas enfrentados por *experts*. A hipótese informação-uso pode ser aplicada apenas para tarefas familiares aos profissionais. A terceira refere-se a métodos incorretos utilizados na mensuração da quantidade de informação nos julgamentos dos *experts*, uso de mensuração correta pode apoiar a hipótese informação-uso. Por fim, e a mais plausível, segundo o autor, é que a hipótese informação-uso está errada. A plausibilidade dessa explicação torna-se mais profunda à medida em que considera em conjunto os dados nos cinco estudos verificados. Por sua vez, os resultados sugerem que não há conexão entre a quantidade de informação utilizada e *expertise*. Embora *experts* tenham a habilidade de acessar grandes quantidades de informação, seus desempenhos nas tarefas dos estudos analisados refletiram apenas uso limitado dessa. Cabe notar que, segundo o autor, os profissionais denominados como *experts* nos estudos mostraram várias evidências de serem verdadeiros *experts* (SHANTEAU, 1992).

O estudo de Shanteau (1992) abre espaço para breve discussão dos métodos de mensuração da informação. Por essa razão, os parágrafos seguintes discutem o trabalho de Keenan e Brown (1984) o qual oferece *insight* sobre a utilização da proposição com unidade de mensuração de carga de informação. As autoras reconhecem a proposição como uma unidade de significado psicologicamente válida dada à observação, por exemplo, de que quanto mais proposições, maior o tempo de leitura. No estudo experimental por elas executado a quantidade de proposições é manipulada, conservando o número de palavras. O objetivo é examinar a representação do texto em leitores iniciantes em face das demandas de atenção e memória ocorridas durante o processo de leitura e compreensão. Elas acreditam ser concebível que a diminuição de recursos de atenção e o aumento na carga da memória afetem de muitas maneiras os processos de compreensão de tais leitores. Tal efeito é observável em termos de diferenças qualitativas como resultado do processo de compreensão entre os leitores iniciantes e outros mais habilidosos.

A argumentação das autoras parte da constatação de outros estudos nos quais se evidencia que em leitores mais habilidosos os processos de compreensão demandam o acesso a representações conceituais de unidades léxicas e agrupá-las em unidades básicas de significado, i.e., proposições. Nesse contexto, autoras argumentam que é plausível esperar de leitores iniciantes uma de duas possibilidades no que se refere à construção proposicional. Uma possibilidade é que tais leitores também constroem proposições para representar o significado de sentenças. A outra possibilidade é que, ao contrário, as demandas de memória e decodificação (demandas cognitivas) enfrentadas por eles limitam a quantidade de recursos de processamento disponível de tal modo a comprometer a integração de palavras e conceitos dentro de unidades proposicionais devido à indisponibilidade de recursos para tal processo. Demandas cognitivas relacionam-se aos recursos de atenção requeridos na decodificação e à carga de memória resultante de ambiente semântico relativamente empobrecido da leitura em comparação à audição com a qual a criança está acostumada (KEENAN; BROWN, 1984).

O estudo em questão examina a possibilidade de que no leitor iniciante essas demandas cognitivas alteram qualitativamente a unidade de processamento uma vez os recursos disponíveis são insuficientes para agrupar conceitos em proposições. No entanto, os resultados do estudo mostram que o número de proposições surtiu o mesmo efeito tanto para alunos da terceira série quanto para os de quinta série. Portanto, se há diferenças qualitativas na compreensão entre esses dois níveis de leitores, tais diferenças devem ser creditadas a outros fatores que não as unidades utilizadas para representar o significado das sentenças. Os resultados mostraram que tanto as sentenças mais longas quanto as mais curtas tiveram os tempos de leitura aumentados em função do número de proposições na sentença. O exame dos tempos de leitura em termos do número de proposições realmente construídas, i.e., número de recordações, evidenciou o mesmo resultado. Isto é, quanto maior o número de proposições processadas, maior o tempo de leitura. Por outro lado, os dois grupos de alunos demonstraram o mesmo decréscimo para recordações de proposições em função dos níveis dessas na hierarquia proposicional. Além disso, houve também evidências de que eles utilizaram a mesma representação proposicional para representar os significados das sentenças. Um dos resultados mais interessantes obtidos da análise do tempo de leitura mostra

que as diferenças na velocidade de leitura entre os alunos de terceira e quinta série não são devidas ao tempo requerido para processar cada proposição adicional, mas devido ao tempo requerido para executar os outros processos envolvidos na leitura, tais como decodificação e análise sintática. Outra conclusão importante indica que o tempo para construir uma proposição não é um parâmetro fixo de compreensão do sistema. Ao contrário, ele varia em função da familiaridade dos conceitos a serem relacionados e em função do tamanho da sentença (KEENAN; BROWN, 1984).

Verificou-se também que a habilidade de construir representações proposicionais não se relacionam com habilidade de leitura. Isso porque, para as sentenças com sete palavras, foi claro que leitores medianos mostraram o mesmo aumento no tempo de leitura com o número de proposições como ocorreu com os bons leitores. Para as sentenças com 16 palavras, não houve interação da habilidade de leitura com o número de proposições, mas o padrão de tempos de leitura para os leitores medianos mostraram menos relação sistemática com o número de proposições que o dos bons leitores. Dada a ausência de um efeito significativo estatisticamente, não há muito que possa ser feito com esse resultado. Por fim, outro interessante resultado relacionado com a análise das habilidades de leitura mostra que a única diferença entre leitores medianos e os bons leitores em termos de memória para sentenças foi na recordação de proposições do nível mais baixo, enquanto os leitores medianos recordaram significativamente menos dessas proposições que bons leitores (KEENAN; BROWN, 1984).

2.6.2 Influência do enunciado do problema na resolução do problema

O papel do enunciado do problema na resolução de problemas foi destacado por Hinsley, Hayes e Simon (1977) e Cummins *et al.* (1988), enquanto que, de modo mais específico, o processo de compreensão de textos na resolução de problemas é enfatizado por Neshet *et al.* (2003).

Hinsley, Hayes e Simon (1977) estavam interessados em investigar a compreensão de problemas de álgebra em função de seus enunciados. Entre outros achados, eles reforçam a tese de que esquemas têm importante papel na resolução de problema tanto por oferecer inferência que preenchem lacunas nos estímulos

apresentado, como por sugerir procedimentos de solução. Assim, dois achados desse estudo são relevantes para o escopo da presente pesquisa.

O primeiro enfatiza que prevalece o esquema ativado sobre o conteúdo semântico do texto (enunciado) quando esse contém palavras sem sentido. A explicação para esse achado tanto tem apoio na noção de que o esquema ativado possibilitou inferir palavras corretas para substituí-las aquelas sem sentido, quanto porque essas foram simplesmente desconsideradas por não atenderem aos requisitos do esquema ativo.

O segundo refere-se ao uso de informação irrelevante e a criação de um segundo tema dentro do enunciado do problema. A construção desse segundo tema implica em incorporar, dentro do enunciado, uma mensagem coerentemente organizada (um conjunto de proposições). Como efeito, tal mensagem foi capaz de sugerir esquema alternativo, embora errôneo. Alguns dos participantes não estavam aptos a discernir se tal 'mensagem' era irrelevante ou não. Esse achado sugere que diferentes tipos de influência podem ser observados quando da manipulação do conteúdo semântico do enunciado. Isto é, a presença de palavras sem sentido no enunciado pode ser superadas ou ignoradas. Por outro lado, a mensagem coerentemente organizada que transmite significado plausível pode afetar o modo como o problema é compreendido e resolvido.

O estudo de Cummins *et al.* (1988) partiu do reconhecimento de que problemas verbais, i.e., problemas enunciados com palavras, são difíceis de resolver. Levantamento nos Estados Unidos mostram que a *performance* na resolução de problemas verbais é pior do que o mesmo problema apresentado no formato numérico. Tal característica persiste ainda com a aquisição de domínios de conhecimento mais sofisticados. Diante dessa constatação, os autores acreditam que a dificuldade tem a ver com a necessidade de habilidades de compreensão do texto além do conhecimento matemático necessário à resolução de problemas dessa natureza. O estudo contou com vários experimentos cujos resultados de interesse para o presente trabalho são destacados a seguir.

Os resultados do Experimento 1 evidenciam dois aspectos a serem destacados. Primeiro, as estratégias de resolução são determinadas pela compreensão das histórias dos problemas. Segundo, a compreensão, por sua vez, é influenciada pelo tipo de linguagem utilizado na descrição do problema. Os

resultados revelam que as soluções erradas foram atribuídas aos enganos em relação à compreensão do texto. Analisados os erros verificou-se que esses tem a ver com a interpretação do texto. Nesse sentido, as respostas dadas às questões são consideradas corretas em relação à compreensão do problema, mesmo que essa tenha sido errônea. Além disso, os resultados equivocados dos participantes foram reproduzidos em modelo de simulação computadorizado, baseado na concepção de interação e de integridade de conhecimentos relativos à compreensão de texto e estratégias de resolução de problemas aritméticos. A simulação indicou que os padrões de erros comumente cometidos estavam diretamente relacionados ao nível de sofisticação linguística do solucionador.

Com Experimento 2 se objetivou reforçar os achados do Experimento 1 e verificar a hipótese de que a compreensão da linguagem desempenha papel central na resolução de problemas. Foram utilizadas histórias mais elaboradas do que as do primeiro experimento, isto é, pequenas sinopses representando histórias plausíveis e situações da realidade. Ao final era esperado que os textos pudessem motivar uma questão aritmética que completasse a história. Assim como no primeiro experimento, os participantes eram estudantes das 2^a. e 3^a. séries iniciais.

Os resultados mostraram os alunos da 3^a. série resolvendo corretamente mais problemas do que os da 2^a. série. Além disso, os estudantes resolveram corretamente mais problemas quando as soluções antecederam a tarefa de recordação do que quando tais soluções vieram após tal tarefa. Adicionalmente, um dado relevante é que o desempenho dos alunos da 2^a. série não foi significativamente diferentes daquelas no Experimento 1, contrariando a expectativa de que a versão mais rica do texto do problema pudesse melhorar o desempenho. Os achados desse experimento, tanto empírico como simulação, mostraram que as estratégias de solução adotadas podem ser diretamente influenciadas pela natureza do texto do problema.

Assim, os autores concluem por reconhecer que as estratégias de solução são determinadas pela interação entre as características do texto do problema e do conhecimento detido pelo solucionador. Isto é, independentemente das características textuais, o conhecimento linguístico detido pelo solucionador resulta em boas tentativas de solução apesar de demandar mais tempo e recursos. Por outro lado, as características textuais influenciam a natureza dos erros cometidos

em face de conhecimentos linguísticos empobrecidos. Portanto, texto mais simples²⁷ na apresentação do problema é tido como conexo a erros nos números dados. Já problemas enunciados com textos enriquecidos conduzem a erros nas operações e a contextualização mais global do problema. Os autores acrescentam que o benefício de conhecimento linguístico na resolução desse tipo de problema é devido ao acesso que tal conhecimento permite ao conhecimento conceitual do tipo relações parte-todo. Uma vez que tal conhecimento é acessado, o solucionador pode representar de modo abrangente e coerente o problema (CUMMINS *et al.*, 1988).

O estudo de Nesher *et al.* (2003) colocou em evidência a resolução de problemas textuais nos domínios da matemática. Para os autores, resolver problemas desse tipo significa frequentemente ter que, a partir dos dados oferecidos, adicionar informação, principalmente de natureza quantitativa. Os experimentos conduzidos no estudo abordaram situações comparativas multiplicativas envolvendo três valores desconhecidos cuja soma era conhecida. O principal objetivo era identificar fatores que afetam as estratégias adotadas na resolução de problemas. A abordagem demandou modelo que incorporasse processos cognitivos por meio dos quais o solucionador transforma a descrição do problema, i.e., o texto do problema, em representações algébricas. Assim, buscou-se compreender os fatores que afetam a escolha entre uma ou outra representação algébrica visto que havia alternativas entre uma ou outra representação. Os autores acreditavam que as transformações que ocorrem no processo dependem tanto da estrutura superficial do texto quanto dos esquemas matemáticos subjacentes.

O estudo utiliza 12 versões de problema multiplicativo comparativo no qual os sujeitos, as quantidades relativas a cada sujeito e a soma total permanecem constantes. Porém, a estrutura superficial do texto do problema sofre variações em relação ao uso de termos, tais como 'MAIS' e 'MENOS' e a ordem de apresentação das relações comparativa. As três versões a seguir oferecem um ideia das variações na estrutura superficial na construção de tais problemas:

A1: Peter, David e Jirka estão jogando bolinha de gude. Juntos eles tem 198 bolinhas de gude. Peter tem 6 vezes mais bolinhas que David,

²⁷ *Sparse* no original.

e Jirka tem 2 vezes mais bolinha que David. Quantas bolinhas de gude tem cada um?

A2: Peter, David e Jirka estão jogando bolinha de gude. Juntos eles tem 198 bolinhas de gude. Peter tem 3 vezes mais bolinhas que Jirka, e Jirka tem 2 vezes mais bolinha que David. Quantas bolinhas de gude tem cada um?

A3: Peter, David e Jirka estão jogando bolinha de gude. Juntos eles tem 198 bolinhas de gude. Peter tem 6 vezes mais bolinhas que David, e 3 vezes mais bolinha que Jirka. Quantas bolinhas de gude tem cada um?

O experimento conduzido teve como participantes alunos e professores de matemática. Os achados mostraram, entre outros, que não há translação direta do texto para uma equação. Ao contrário, observou que há elaboração uma vez que cada solucionador optou por estratégias diferentes na representação formal e solução dos problemas. Em relação à *performance* de *experts* e novatos, isto é, professores e alunos, os dados evidenciaram que ambos reagiram similarmente à tarefa.

Interessante para o escopo do presente trabalho é a observação de que uma vez que a pesquisa em resolução de problema tem focalizado sua análise a partir da base textual, aspectos relevantes das variáveis da superfície estrutural tem sido deixadas desatendidas. No entanto, conforme mostraram os achados, há que se considerar que:

1. A ordem de apresentação das relações entre os sujeitos não demonstrou ser significativa e que, portanto, o solucionador observa o texto como um todo.
2. A estrutura sintática das sentenças afeta o nível de complexidade.
3. Os itens léxicos 'mais' e 'menos' afetam a escolha de estratégias de solução.

2.6.3 Influência da *expertise* em resolução de problemas

No escopo da abordagem do processamento da informação, um dos estudos seminais, cujo foco está nas diferenças atribuíveis aos níveis de conhecimento, foi realizado por Chase e Simon (1973). Na pesquisa, os autores observam a *performance* em jogo de xadrez de enxadristas mestres e jogadores menos habilidosos. Aos participantes foi requerido reconstruir posições no tabuleiro enquanto esse estava à vista. Além disso, os autores contaram o número de sucessivas olhadelas sobre o tabuleiro como um índice da fragmentação²⁸. O objetivo era descobrir e caracterizar as estruturas, ou porções, que são vistas sobre tabuleiro e armazenados na memória de curto-prazo dos enxadristas.

Para Chase e Simon (1973) eram intrigantes as diferenças de desempenho de enxadristas mestres e jogadores menos experientes encontradas nos experimentos de De Groot. Os primeiros apresentavam desempenho superior na tarefa de reconstrução da posição do jogo de xadrez, a qual não podia ser atribuída à memória. Isto porque tal superioridade não era demonstrada quando as peças do jogo eram distribuídas aleatoriamente, ou seja, nessa condição mestres e novatos enfrentavam a mesma dificuldade. Esse resultado comporta a interpretação de que os mestres no xadrez estavam sujeitos às mesmas limitações da memória de curto prazo que os novatos. Logo, a diferença no desempenho em relação a posições significativas deveria depender da habilidade dos mestres em perceber estruturas em tais posições e codificá-las na forma de porções. Isto é, se um mestre enxadrista pode se lembrar da localização de 20 ou mais peças no tabuleiro e eles possuem espaço para mais ou menos cinco fragmentos na memória de curto prazo, então, cada porção deve ser composta por quatro ou cinco peças, organizada em uma estrutura simples.

Os autores concluíram que a quantidade de informação extraída da breve exposição à posição das peças no tabuleiro varia com o nível do jogador, conforme evidências colhidas no confronto entre enxadristas mestres e novatos em tarefas de percepção e de memória. Além disso, os dados também sugerem que o desempenho superior dos jogadores mais fortes derivam da habilidade desses jogadores em codificar a posição dentro de **fragmentos perceptuais maiores**. Observa-se, no entanto, que cada fragmento consiste de uma sub-configuração

²⁸ *Chunking* no original.

familiar de peças. Por outro lado, o mesmo não ocorre ante a disposição aleatória das posições das peças. Nesse sentido, a conclusão caminha no sentido de que havia mais fragmentos na recordação dos jogadores mais fortes, embora as frequências de relações entre fragmentos são todas próximas ao acaso. Estas podem derivar da organização hierárquica dos fragmentos, relacionados com as habilidades no xadrez, que é mais frequente que as relações mais simples que se mensurou. Por fim, os números de fragmentos retidos na memória de curto prazo, como consequência de breves exposições às posições do tabuleiro, é aproximadamente da magnitude que se prediria de uma recordação imediata de palavras comuns e de lidar com padrões visuais.

Também na Ciência da Informação as diferenças entre novatos e *experts* constituem preocupação dos pesquisadores. Um exemplo é o estudo realizado por Brand-Gruwel *et al.* (2005) em que se pode observar a análise dos comportamentos de novatos e *experts* em relação à resolução de problemas informacionais. Nesse estudo, a coleta de dados ocorreu junto a estudantes de graduação e doutorandos no último ano, representado respectivamente aquelas duas condições. A tarefa consistiu de gerar como produto final texto escrito sobre pericibilidade de alimentos. O assunto era incomum às áreas de estudos dos participantes de modo a garantir que o conhecimento prévio desses não fosse muito diferente. Os dados foram coletados com a técnica de 'pensar alto' (*thinking aloud*) e os protocolos gerados foram codificados de modo a permitir análise. O estudo envolveu a avaliação de vários aspectos do comportamento informacional, conforme brevemente descrito a seguir.

Observou-se que *experts* *despenderam* mais tempo na realização da prova do que novatos, embora a diferença apenas marginalmente tenha sido significativa. Porém, os autores observam que ocorreu efeito teto no caso dos *experts*. No entanto, parte do tempo foi analisado em razão do tempo gasto nas atividades, observando-se que na atividade de definição do problema *experts* utilizaram significativamente mais tempo do que novatos. No quesito análise da informação, avaliaram-se as habilidades de definição do problema, busca, exame, processamento, organização e apresentação da informação. Observou-se que *experts* e novatos definem o problema apenas uma vez, o que ocorre no começo da tarefa. Os autores entenderam o retorno ao texto como orientação, sem oferecerem

explicação desse entendimento, deixando lugar ao questionamento de se tais retornos poderiam ou não ser considerados como (re)definição do problema.

Os achados indicaram também não haver diferenças em relação à habilidade de busca de informação. Por outro lado, os dados mostraram duas diferenças no que se refere à habilidade exame da informação. Isto é, *experts* realizaram mais frequentemente atividades de elaboração do conteúdo e de julgamento da informação. O aspecto julgamento diz respeito à qualidade, relevância e confiabilidade da informação. Entretanto, não se procedeu observou, por exemplo, se o julgamento considerava aspectos da quantidade da informação (BRAND-GRUWEL *et al.*, 2005).

No estudo, a ideia de processamento de informação consiste das atividades de selecionar, analisar em profundidade, relacionar com conhecimento prévio e reestruturar a informação de modo a chegar a entendimento profundo. Os dados demonstram que, embora a diferença não seja significativa, *experts* processam informação mais frequentemente que novatos. Durante esse processo, a relevância e a qualidade da informação são continuamente examinadas e relacionadas ao problema estabelecido. Novatos *experts* diferem significativamente em se tratando das habilidades de organização e apresentação da informação uma vez que esses executam formulação do problema mais frequentemente (BRAND-GRUWEL *et al.*, 2005).

A análise da habilidade de regulação mostrou que monitoração e condução são realizadas com mais frequência por *experts* do que por novatos. No entanto, não foram encontradas diferenças significativas no que se refere a orientação e teste dos processos desempenhados, o mesmo ocorrendo com a orientação na tarefa, teste de completude e qualidade do produto. Em contraste, *experts* se orientam no tempo mais constantemente do que novatos (BRAND-GRUWEL *et al.*, 2005).

Não foram encontradas evidências de que *experts* e novatos se comportam diferentemente em relação ao momento em que decidem que juntaram informação suficientemente para completar a tarefa. Além disso, observou-se que ambos os grupos usam principalmente a abordagem da orientação pelo objetivo como estratégia principal de busca. Por fim, a qualidade do produto final dos *experts* foi considerada significativamente mais alta no critério 'estilo de escrita' e '*layout*'. *Experts* também se referiram mais frequentemente às fontes utilizadas. No entanto,

quanto aos critérios 'estrutura de argumentos' e 'qualidade do conteúdo', não foram encontradas diferenças significativas no desempenho dos dois grupos (BRAND-GRUWEL *et al.*, 2005).

Na pesquisa de Ju (2007) *expertise* tem a ver com área de conhecimento, esse definido em termos de memória declarativa e memória procedural. A primeira foi relacionada e operacionalizada com a participação de estudantes de Geografia e a segunda por estudantes da Ciência da Computação. Cinco tarefas versando sobre Geografia executadas em computador, de modo a contemplar ambos os tipos de conhecimento. Os dados revelaram não haver diferenças significativas em relação ao nível de *expertise* e o tempo necessário para completar a tarefa, o que era esperado tendo em vista a compensação entre os dois tipos de domínio do conhecimento, i.e., declarativo e procedural. Também não foram observadas diferenças significativas no que se refere à completude da tarefa em relação ao domínio do conhecimento. Além disso, o estudo também avaliou diferenças que pudessem ser imputadas ao nível de *expertise* no emprego de operadores quando da realização da tarefa. Os operadores definidos no estudo foram: 'considerar', 'explorar', 'escanear', 'rolar', 'selecionar', 'digitar' e 'clicar'. Também em relação ao empregos dos operadores a análise demonstrou haver mais similaridades do que diferenças entre os dois grupos. Em outras palavras, não houve diferenças que pudessem ser atribuídas ao domínio de um ou outro tipo de conhecimento – declarativo e procedural.

2.6.4 Influências de características do texto e do leitor na compreensão

Fazer inferências de informações não explícitas no texto requer, obviamente, conhecimento prévio sobre o domínio em questão. Por outro lado, a necessidade de tais inferências força o leitor a adotar processamento mais ativo. Por consequência, tal comportamento resulta no entendimento mais profundo, fruto das inferências conectoras e da macroestrutura que ele próprio deriva do texto. Com base nesses argumentos, McNamara *et al.* (1996) levanta a hipótese quanto a impossibilidade de um mesmo texto ser ideal para todo tipo de leitor. Isto é, leitores menos instruídos vão obter melhores resultados a partir de texto completamente coerentes, ao passo que leitores mais bem instruídos aprendem melhor com texto que estimule processamento ativo.

Os autores conduziram dois experimentos, sendo que no primeiro o objetivo central foi investigar se os leitores apresentam mudanças conceituais como consequência da leitura do texto. O desdobramento desse objetivo resulta em três sub-objetivos. Inicialmente, sonda-se se melhorias na coerência textual resultam em vantagem na compreensão do texto. O segundo sub-objetivo foi o de comparar as contribuições individuais da coerência local, global e explicativa. Os autores desenvolveram texto em três versões de modo a ilustrar três níveis de coerência. A versão original, retirada de um livro-texto de biologia, continha coerência local mas se ressentia da ausência de coerência global. A partir da versão original do texto duas outras versões, denominadas de versão revisada e versão expandida, foram criadas. Na versão revisada, referente à coerência global, foram adicionados macro-sinais indicando a estrutura subjacente. Já a versão expandida, referência para a coerência explanatória, continha passagens explicativas do texto. Em termos de conteúdo, as três versões resultavam essencialmente nos mesmos modelos da situação. Isto é, o conteúdo adicionado na versão revisada era implícito na versão original na perspectiva de um leitor mais instruído, e o equivalente seria menos completo para leitores menos instruídos. Já a versão expandida acrescentava uma discussão nova e de mais alto nível. Ainda no Experimento 1, o terceiro sub-objetivo foi metodologicamente motivado e diz respeito à explorar o modelo mental construído pelos leitores a partir do conteúdo do texto.

Os resultados do Experimento 1 demonstraram, entre outros, que em relação à coerência textual, o texto revisado produziu melhor desempenho na tarefa de recordação. Os dados também mostraram que a coerência local e global, i.e., nos micro e macro níveis, resultam em melhores desempenhos em tarefas de recordação. Em relação à versão expandida, em que o texto era mais longo e possivelmente mais difícil, os autores objetivaram obter um modelo da situação mais apropriado. Os resultados suportam achados de estudos anteriores, demonstrando que processos construtivos mais ricos poderiam estar relacionados com a geração de modelos da situação mais elaborados, bem como com desempenhos superiores em resolução de problemas. O melhor desempenho de alguns participantes em face do texto menos coerente deve-se provavelmente ao bom conhecimento prévio detido por tais participantes e também porque o texto menos coerente findou por estimular processamento mais ativo.

No Experimento 2, a finalidade foi verificar a hipótese de que para alguns estudantes a aprendizagem é beneficiada quando o material a ser aprendido está num texto menos coerente, levando o leitor a prover coerência por ele próprio, tanto no nível local quanto global. Isto é, textos incoerentes, comparados com textos completamente coerentes, seriam de maior benefício para leitores que detivessem o conhecimento prévio requerido. Assim, os leitores usariam seus conhecimentos para gerar a informação ausente no texto e que, ao fazer isso, eles construiriam um modelo da situação mais completo.

A manipulação da coerência do texto nos níveis local e global ocorreu pela adição ou retirada de sinais de coerência linguística, resultando em quatro versões do texto, contendo 683, 823, 913 e 1053 palavras. A hipótese levantada foi confirmada pelos resultados nas tarefas de análise classificatória e questões de inferência. Isto é, leitores que possuem conhecimento prévio apropriado estão aptos a preencher lacunas do texto, o que beneficia a aprendizagem. Porém, o contrário ocorre com leitores menos instruídos os quais demandam que o texto seja mais completamente coerente e explícito. O desempenho dos leitores com alto nível de conhecimento que leram o texto menos coerente foram melhores nas questões requerendo inferências de ligação ou resolução de problemas. Tal achado leva a crer que as mudanças conceituais mais abrangentes resultam da necessidade de que o leitor infira a coerência local e construa as macroestruturas do texto por si próprio. Por outro lado, na condição em que as pistas necessárias para a coerência do texto e sua macroestrutura foram explicitamente proporcionada pelo texto, os desempenhos dos leitores mais instruídos foram piores enquanto dos leitores menos instruídos foi melhor. Os autores destacam que de acordo com os dados as diferenças na natureza do processamento de leitores com rico e pobre conhecimento é uma função do tipo do texto (McNAMARA *et al.*, 1996).

Recentemente o estudo de Eason, Goldberg e Cutting (2012) realçou as relações entre características do leitor, tipos de texto e tipos de questões em crianças com idades entre 10 e 14 anos. Eles buscaram comparar o desempenho dos participantes na compreensão de narrativas, textos expositivos e textos funcionais, bem como investigar diferenças no desempenho na compreensão de questões que avaliar suas compreensões literais e inferenciais a respeito da passagem estudada. Os achados indicam que existe interação entre características

do leitor tais como diferentes habilidades cognitivas e texto específicos e categorias de questões. Os autores chamam a atenção de que enquanto o estudo proporciona algumas direções importantes no sentido do entendimento sobre as interações leitor-texto na compreensão da leitura, ele tem várias limitações. Uma delas é que, apesar de reconhecer que o conhecimento prévio como um fator importante na compreensão da leitura, o estudo não incluiu uma medida específica do conhecimento a respeito dos tópicos apresentados nas passagens que integraram as tarefas do estudo.

Efeitos de orientação instrucional na apresentação de problemas foram verificados no estudo de Rey e Buchwald (2011). Os autores realizaram experimento com objetivo de verificar a replicabilidade do efeito reverso da *expertise* bem como se o efeito pode ser atribuído a diferenças motivacionais, cognitivas ou ambas. No que se refere à diferenças motivacionais, eles argumentam que essa é uma explicação aceita para o efeito reverso de *expertise*. Nessa abordagem, a apresentação de ambientes de aprendizagem diferentes podem diferir em termos de motivação em relação ao nível de *expertise* do aprendiz. Motivação no estudo é entendida como uma condição interna que ativa, energiza e direciona o comportamento. Um exemplo é que em face de uma apresentação multimídia contendo animação e texto escrito para explicar algum assunto possa motivar um aprendiz novato enquanto desmotiva um aprendiz *expert*. O segundo pode não querer investir esforço mental significativo nessa condição, por acreditar que o formato é simplista e nada desafiador. Por fim, a baixa motivação pode levar à reduzida insistência em lidar com tal apresentação, resultando negativamente na *performance* de aprendizagem. Do contrário, *experts* podem se empenharem num grande esforço se a animação for apresentada sem o texto, melhorando o desempenho na aprendizagem. Já novatos confrontados com a animação sem o texto podem achar o problema complicado, desafiador e frustrante e preferem não insistir com a apresentação. Eles podem não se sentirem motivados em investir esforço mental maior, o que resulta em reduzido desempenho na aprendizagem. Em resumo, a explicação para o efeito reverso de *expertise*, dentro da abordagem motivacional, é que a apresentação de informação adicional aumenta a motivação de novatos e diminui a de *experts*.

Um outro aspecto interessante do estudo foi a estratégia de utilizar *expertise* induzida experimentalmente em um curto período de tempo de modo a assegurar que não houvesse efeito de variáveis intervenientes. Os autores argumentam que verdadeiros novatos e *experts* podem diferir em vários aspectos. Os resultados mostraram que o efeito reverso de *expertise* foi reproduzido em relação ao efeito de redundância sobre a mensuração de retenção e transferência. Porém, não houve interação significativa entre *expertise* e informação adicional sobre motivação, indicando que diferenças motivacionais não parecem explicar o efeito reverso de *expertise* em relação ao efeito de redundância (REY; BUCHWALD, 2011).

Especialmente relevante para o presente estudo foram os resultados quanto à interação entre informação adicional e *expertise* sobre a mensuração da carga cognitiva, indicando que diferenças de carga cognitiva pode explicar o efeito reverso de *expertise* com referência à efeito de redundância. Uma explicação possível, segundo os autores, é que novatos dependem do texto na tela com um modo de orientação e não foram capazes de incorporar a informação apresentada na animação em seus esquemas por falta de conhecimento prévio. Conseqüentemente, a informação adicional foi essencial para seus processos de aprendizagem, resultando em baixa na carga cognitiva desnecessária comparada com a apresentação apenas de animação. O contrário pode ter ocorrido com *experts*, **os quais não dependiam do texto na tela (informação adicional)** por estarem aptos a assimilar a informação apresentada na animação em seus próprios esquemas. Assim, o texto adicional na tela foi redundante para seus processos de aprendizagem, resultando em alta desnecessária na carga cognitiva comparada com a condição da apresentação da animação somente (REY; BUCHWALD, 2011).

2.6.5 Influência da memória externa

Resultados de pesquisa relativa à recordação com e sem apoio à memória externa indicaram que a recordação dos participantes sem acesso a memória externa foi menor (30%) do que de participantes que dispuseram de acesso a esse dispositivo (34%). Embora essa diferença não seja confiável, ela desafia a tese de que as pessoas normalmente irão depender de memórias externas para recuperação em detrimento da própria memória. Os resultado do estudo realçam

que pode ser falaciosa a suposição de que armazenamentos externos são ruins para a memória (HERTEL, 1993).

A pesquisa de Hegarty e Steinhoff (1997) teve por principal objetivo proporcionar uma base informacional sobre como estudantes espontaneamente detalham diagramas em tarefas de raciocínio mecânico e examinar o efeito desse detalhamento no desempenho. As autoras ensinam que num procedimento de resolução de problemas de mecânica, solucionadores fazem inferências sobre o movimento dos componentes em uma cadeia causal de eventos, a partir das quais podem vir a desenhar setas ou fazer outras anotações. Consequentemente, eles podem ser liberados da necessidade de manter resultados de inferências de movimentos prévios na memória de trabalho.

Foram desenvolvidos dois experimentos, os quais são brevemente descritos a seguir. O Experimento 1 contou com 12 participantes com alta habilidade espacial e 12 com baixa habilidade espacial na condição experimental com permissão para fazer anotações nos diagramas. Outro grupo com o mesmo número de participantes e mesmas características relativas à habilidade espacial integraram a condição na qual não se autorizavam anotações.

Os resultados do experimento sugerem que na condição em que foi permitida fazer anotações nos diagramas, os indivíduos com baixa habilidade espacial que utilizaram essa oportunidade tiveram melhor desempenho. Porém, o recurso às anotações não teve efeito no desempenho de indivíduos com altas habilidades espaciais. A interpretação das autoras para os resultados é que no mínimo alguns dos erros dos participantes com baixa habilidade espacial relaciona-se às limitações espaciais da memória de trabalho. Esses, ao procederem nas anotações nos diagramas, liberaram a memória de trabalho, beneficiando-se para o processamento da solução. Porém, as autoras realçam que na condição com permissão, somente alguns participantes com baixa habilidade espacial tiveram o conhecimento metacognitivo necessários para compensar por suas limitações de memória de trabalho fazendo anotações nos diagramas. Aqueles que não fizeram uso dessa estratégia apresentaram desempenhos significativamente similares aos dos participantes que não puderam fazer anotações. Por outro lado, elas constataram que a habilidade metacognitiva é separada de habilidade espacial, uma vez que fazer anotações não foi relacionada a habilidade espacial. O Experimento 2 foi

conduzido com o objetivo de examinar se os resultados do Experimento 1 alcançavam conjunto diferente de problemas de verificação de movimentos. Os resultados replicaram os já encontrados no experimento anterior, mesmo com o uso de problemas mais complexos.

O estudo de Pfeiffer (2004) utilizou problemas de transformação na verificação do uso de memória externa. Os achados indicam que se o uso da memória externa implica em custo, esse pode ser evitado pela adoção de outras estratégias que se apoiam na redução da carga na memória de trabalho, como, por exemplo, ações planejadas mentalmente. Ao planejarem previamente estratégias para a resolução do problema, os solucionadores poderiam evitar erros e movimentos desnecessários que estenderiam o processo de resolução como um todo. Esses achados demonstram que o desempenho na resolução de problemas de transformação com e sem o suporte contínuo de memória externa são equivalentes. Isso ocorre tanto quando há custos baixos e altos na implementação de operadores, como na situação de os problemas apresentam diferentes tamanhos de espaços problemas (PFEIFFER, 2004).

Por sua vez, Zhang e Wang (2009) realizaram três experimentos em que eles sondaram a interação entre processos perceptuais e cognitivos em tarefas de comparação de sequência numérica. O objetivo foi verificar como indivíduos coordenam o uso de representações externas e internas tendo em vista o caráter essencial da função cognitiva executiva. As tarefas consistiram de combinar sequências numéricas apresentadas respectivamente em dois mostradores observando as seguintes condições: a) ambas as representações externas, b) representação externa seguida de interna e c) representações internas.

Os resultados com os experimentos demonstraram que representações externas podem tanto impedir quanto melhorar o desempenho em tarefas de comparação de sequências numéricas. Os achados indicam que tarefas em que representações são somente externas são mais fáceis de executar do que aquelas em que as representações são parte ou toda internamente. Adicionalmente, observou-se que a compatibilidade e coordenação entre as fontes nas quais a informação é distribuída – representação externa e memória de trabalho – podem afetar a facilidade ou dificuldade com que a tarefa é executada. A incompatibilidade entre representações externas e internas, devido à codificação das representações

internas ou representações externas de formato específico, pode afetar negativamente o desempenho na tarefa (ZHANG; WANG, 2009).

CAPÍTULO III

CONTEXTO DA PESQUISA

*Nobody said it was easy
It's such a shame for us to part
Nobody said it was easy
No one ever said it would be this hard
Oh, take me back to the start.
(Coldplay)*

3.1 A resolução de problemas de Física

Como destacado por Courtright (2007) e discutido por Gasque (2008), o modelo proposto requer um contexto que permita aplicá-lo em sua amplitude, uma situação específica e um ambiente. O contexto escolhido foi o estudo da Física no Ensino Médio no Brasil. A situação observada foi a resolução de problemas em Física, especificamente Mecânica Clássica. Os ambientes utilizados foram salas de aula de escolas privadas e públicas no Distrito Federal e um evento científico da área de ensino da Física.

A justificativa da escolha do contexto para a condução do estudo, da situação inserida nesse contexto e do ambiente em que tal situação pode ser observada deve-se ao fato de a Física constituir uma área exemplar para esse tipo de estudo por pelo menos quatro razões. A primeira, a variedade de estudos, dentro e fora do campo de pesquisa no ensino de Física, em que processos cognitivos envolvidos na resolução de problemas nessa disciplina são objetos de observação, tais como categorização, representação e resolução do problema (CHI *et al.*, 1981, 1982; SINGH, 2008; MASON; SINGH, 2011; HEDGE; MEERA, 2012). A segunda é que, assim como uma das preocupações no presente trabalho é com o desempenho *experts*, também são frequentes os estudos que se ocupam da investigação da natureza da *expertise* (MASON; SINGH, 2011; CHI *et al.*, 1981). A terceira deve-se à noção de que resolver problemas nessa área envolve aplicar em diversas situações poucas leis fundamentais que são expressas em precisas formas matemáticas compactas (MASON; SINGH, 2011). Por fim, uma razão de ordem prática deriva do reconhecimento de que problemas de Física, como os utilizados no presente estudo,

permitem avaliação objetiva do desempenho por meio da solução apontada para o problema. Ou seja, a resposta é correta ou errada, não havendo espaço para respostas abertas e subjetivismo que dificultariam a avaliação do desempenho e abririam espaço para questionamentos.

No contexto dessa disciplina, o conhecimento *expert* é entendido como uma organização hierárquica de estruturas de conhecimento, de formato piramidal, na qual a maioria dos conceitos fundamentais estão no topo da hierarquia, sendo esses seguidos por conceitos básicos (SINGH, 2008). Essa base de conhecimento *expert* é entendida ainda como sendo ampla e bem indexada (KOHL; FINKELSTEIN, 2008). Nesse sentido, a relevância do desenvolvimento de *expertise* em resolução de problemas é tamanha que na maioria dos cursos de Física esse constitui um dos principais objetivos (SINGH, 2008). Assim, as estratégias utilizadas no desenvolvimento e aplicação da *expertise* no enfrentamento de situações novas requer boas habilidades na resolução de problemas. Conseqüentemente, o processo de aprendizagem de conceitos, seguido da aplicação desses com a finalidade de atingir *expertise* descreve um ciclo produtivo e enriquecedor no escopo dessa disciplina (HEDGE; MEERA, 2012).

O processo de resolver problemas de Física pode ser definido com qualquer atividade orientada por objetivos, em que uma nova situação é apresentada ao solucionador ao qual cabe elaborar e executar etapas norteadas pelo conjunto de objetivos. Nesse domínio do conhecimento, eficiência e efetividade estão associadas ao conhecimento e à experiência, uma vez que a verdadeira resolução de problema não é algorítmica, mas sim heurística. Além disso, há vários estágios envolvidos na resolução efetiva de problemas, incluindo análise qualitativa inicial, planejamento, avaliação e reflexão sobre o processo, além da etapa de implementação (SINGH, 2008).

Um aspecto relevante do processo de resolução de problemas de Física é a representação do problema, sendo este um meio utilizado pelo solucionador para realçar fatores da superfície do problema ou mesmo aspectos mais profundos da Física (KOHL; FINKELSTEIN, 2008). Pode haver diferenças na forma como físicos novatos e *experts* representam o problema. Isto porque os últimos enxergam situações em um nível muito mais abstrato que os primeiros, colocando em perspectiva aspectos profundos fundamentados em princípios da Física (SINGH,

2008). Nesse sentido, um dos esforços no ensino da Física consiste em instigar os estudantes na utilização de representações múltiplas, pelo uso de desenhos, diagramas e equações. Há evidências de que a estratégia de instruir a utilização de múltiplas representações faz com que os estudantes também as produzam e utilizem. Porém, embora o uso de múltiplas representações durante a resolução de problemas esteja associado ao bom desempenho, também se verificou que isso não garante por si que o solucionador seja bem sucedido no processo de resolução (KOHL; FINKELSTEIN, 2008).

Outro processo relevante na resolução de problemas de Física é a categorização do problema. Isso porque, nesse domínio, categorizar ou agrupar vários problemas baseando-se na similaridade da solução é frequentemente considerada uma atividade preditora de *expertise*. A categorização eficaz orientada em princípios físicos (aspectos profundos) pode ser desafiador para estudantes iniciantes uma vez que eles podem se enganar com aspectos superficiais do enunciado ou pelos contextos dos problemas (MASON; SINGH, 2011).

Porém, cabe notar que embora a resolução de problemas de Física possa ser facilitada pela representação e pela categorização adequadas dos problemas há várias dificuldades que podem ser enfrentadas durante o processo. Por exemplo, uma questão a ser considerada é a possibilidade de ambiguidade na categorização. Isto é, alguns problemas podem conter um ou mais elementos característicos que podem conduzir à categorização inapropriada. Além da ambiguidade na categorização, outra dificuldade que o solucionador pode enfrentar é necessidade de recuperação de memória de equação requerida no procedimento de resolução. Na eventualidade de falha na recuperação da(s) equação(ões), qualquer outro dado que o solucionador possua pode se tornar inútil. Esse fator é registrado com sendo um dos maiores obstáculos afligindo as habilidades dos estudantes de resolver problemas (HEDGE; MEERA, 2012).

Soma-se ao rol de dificuldades a utilização de formatos representacionais diferentes, visto que a eles são atribuídos variados efeitos na aprendizagem dentro desse domínio. Logo, o uso de diferentes formatos de representação durante a instrução pode contrastar com o estilo de aprendizagem de cada estudante e ambos podem ser fatores que orientam a abordagem e a habilidade de resolução do problema (HEDGE; MEERA, 2012).

Também é relevante salientar que a manipulação matemática é um forte componente das dificuldades em resolver problemas de Física. Isso porque o solucionador aprendiz pode não ter proficiência na coordenação de várias habilidades, tais como: processamento matemático, cálculo, união de informações auxiliares com matemática, entendimento de implicações Físicas a partir da matemática e vice versa. Junte-se a esses aspectos, o fato de que algumas pessoas possuem um medo intrínseco ou adquirido de matemática (HEDGE; MEERA, 2012).

As dificuldades apontadas anteriormente constituíram algumas das premissas do estudo sobre o processo de resolver problemas de Física executado por Hedge e Meera (2012). Os achados do estudo adicionam algumas contribuições na descrição mais clara dos aspectos e componentes envolvidos nesse processo. Dentre os resultados, os autores ensinam que o primeiro passo na resolução de problemas de Física é a identificação dos princípios aplicáveis à situação. No entanto, a fraca associação da estrutura conceitual dos estudantes com os princípios de Física agem como um obstáculo principal a essa fase. É comum que termos físicos no enunciado do problema desencadeiem a busca de uma equação. No entanto, a inabilidade em recuperá-la pode impedir a resolução do problema completamente. Porém, mesmo diante do acesso às equações relevantes pode ocorrer de ainda assim o solucionador estar inapto em estabelecer os devidos procedimentos. Ademais, a dificuldade que os estudantes possuem em conectar símbolos a quantidades Físicas pode ser atribuída à tendência de olhar para a equação nessa disciplina não como uma relação entre grandezas físicas, mas como uma equação matemática. Outro fator limitador na resolução de problemas é a falta de destreza na manipulação matemática. E por fim cabe ressaltar que não se pode minimizar o papel da vulnerabilidade no domínio trazida pelo solucionador no contexto do problema.

3.2 Influência de expertise e do formato de apresentação do problema na resolução de problemas de Física

Chi *et al.* (1981) investigaram se há diferenças entre estudantes novatos e *experts* na representação e solução de problemas de Física. Essa investigação abrangeu quatro estudos e teve como participantes estudantes graduandos, doutorandos e também um professor de Física. Os estudos 1 e 2 contaram com a participação de oito estudantes de graduação e oito doutorandos em Física,

representando novatos e *experts*, respectivamente. Já o estudo 3 teve a participação de dois novatos e dois *experts*. Finalmente, no estudo 4 tomaram parte dois físicos que frequentemente lecionavam mecânica introdutória e dois novatos, os quais finalizaram com nota superior curso básico de mecânica.

Um dos principais achados confirmam que *experts* realizam análises qualitativas do problema antes de utilizarem equações. Uma indicação é de que a equação escolhida depende mais da representação do problema do que do que é desconhecido. Outro achado sugere que o primeiro passo adotado pelo solucionador de problemas em domínios de rico conhecimento consiste da análise do enunciado com conseqüente categorização do problema. No entanto, enquanto *experts* categorizam problemas tendo por base princípios da Física, novatos classificam tais problemas de acordo com as entidades evidenciadas no enunciado. Assim, no processo de categorização ambos se utilizam dos mesmos conjuntos de fatores presentes no enunciado do problema. Porém, diferem pelo fato de que as pistas em si e a interação entre elas implicam em mais conhecimento tácito para *experts* do que para os novatos.

Os autores entendem que o acesso ao esquema de conhecimento correto disponibiliza conhecimento procedural e declarativo que é utilizado para processamentos adicionais. O conhecimento declarativo proporciona configurações potenciais do problema e condições para testar procedimentos a partir do que é apresentado no enunciado. O conhecimento procedural, por sua vez, indica métodos de solução potencial que podem ser utilizados para o problema. Por fim, os achados sugerem que nos esquemas de *experts* predominam conhecimento procedural que trazem condições explícitas de aplicabilidade. Já nos esquemas de novatos prevalecem o conhecimento declarativo sobre as configurações físicas de um problema potencial. Porém, os procedimentos adequados a serem aplicados na busca pela solução podem estar ausentes em tais esquemas (CHI *et al.*, 1981).

Outro estudo, desenvolvido em 8 experimentos, versando sobre a influência da *expertise* no processo de solução de problemas de Física, foi realizado por Chi, Glaser e Rees (1982). No estudo, os autores definem *expertise* como sendo a posse de um amplo corpo de conhecimento e habilidades procedimentais.

Os resultados do experimento 1 indicam, de modo adverso aos resultados de estudos anteriores, que as diferenças quantitativas entre novatos e *experts* não são

significativas, confundindo-se com diferenças individuais e estratégias particulares adotadas. Adicionalmente, a análise quantitativa frequentemente ocorre ao longo de todo protocolo, não apenas no início. A terceira observação é que há duas fontes de erros: manipulação ou exemplificação defeituosa da equação e geração de inferências erradas ou falha na geração de inferências corretas (CHI *et al.*, 1982).

Os experimentos 2, 3 e 4 revelaram que *experts* categorizam problemas mais rapidamente e de acordo com leis da Física, enquanto novatos o fazem mais lentamente e por meio de componentes literais. Os resultados desses experimentos trouxeram evidências para a hipótese de que categorias subordinadas dos *experts* correspondem às categorias iniciais dos novatos. No experimento 5, os resultados evidenciaram que *experts* possuíam informação mais completa sobre leis da Física que novatos. Além disso, os dados revelaram que novatos, quando são bons estudantes, cometem erros na resolução de problemas somente quando geram inferências incorretas ou falham na geração de inferência correta durante a codificação inicial ou representação do problema (CHI *et al.*, 1982).

Por sua vez, no Experimento 6 os resultados mostraram que os conteúdos dos esquemas de novatos e *experts* são diferentes. Em outras palavras, ambos possuem conhecimento fundamental da configuração e das propriedades do objeto em exame no problema de Física. Contudo, o conhecimento fundamental de posse do *experts* pode ativar esquemas de alto nível, relevantes em relação ao princípio subjacente. Em segundo lugar, os esquemas de *experts* contêm mais conhecimento procedural. Isto é, eles detêm conhecimento implícito, o qual pode ser visto como a ação num sistema de produções. Finalmente, os esquemas de *experts* contêm muito mais conhecimento sobre condições explícitas de aplicabilidade dos princípios basilares subjacentes ao problema. Em suma, esses resultados enfatizam a natureza empobrecida dos esquemas de novatos, a qual pode comprometer o sucesso na solução de problemas (CHI *et al.*, 1982).

Por fim, os estudos 7 e 8 são dedicados a investigar se as dificuldades encontradas por físicos novatos na solução de problemas podem também ser causados pela inability de encontrar pistas relevantes no problema. Entre *experts*, as diferenças individuais devem-se à transformação de fatores apresentados na superfície literal em outros fatores de segunda-ordem com fundamento em seus conhecimentos. Quanto aos novatos, observou-se que eles

podem identificar acuradamente termos chave importantes em um problema de Física. A dificuldade reside na habilidade limitada dos novatos em gerar inferências e relações não explicitamente estabelecidas no problema (CHI *et al.*, 1982).

O estudo de ChanLin (2001) discutiu o efeito do conhecimento prévio e do formato de apresentação do conteúdo na aprendizagem baseada em computador na Física. Nesse estudo, os dois diferentes níveis de conhecimento prévio são caracterizado participação de alunos do oitavo e nono ano, aprendizes novatos e experientes, respectivamente, os quais realizaram em tarefas de aprendizagem descritiva e procedural.

Os achados indicaram que diferentes níveis de conhecimento influenciam o desempenho em tarefas de aprendizagem. Adicionalmente, verificou-se interação significativa entre o formato da apresentação e o conhecimento prévio em ambos os tipos de tarefas realizadas. Isto é, o uso de diferentes tipos de formatos (animação, gráficos e texto) não é igualmente efetivo para diferentes níveis de conhecimento prévio. A aprendizagem descritiva é mais efetiva para novatos quando esse processo ocorre com o recurso a gráficos ao invés de texto. Do mesmo modo, a aprendizagem procedural também é mais efetiva quando se utilizou gráficos em substituição ao texto e à animação. Já no que tange aos aprendizes experientes, não se observou diferenças significativas atribuíveis às diferentes condições do estudo.

O trabalho de Kohl e Finkelstein (2008) analisa os tipos, a ordem e o modo em que representações são empregadas por novatos e *experts*, i.e., 11 graduandos e 5 egressos de curso de Física, respectivamente. No estudo, o conceito de representação está relacionado à reproduções externas. Os achados revelaram vários aspectos interessantes, alguns contrastando, outros corroborando achados de estudos anteriores.

Um primeiro resultado indicou que, ao contrário do observados no estudo com Chi *et al.* (1982), novatos não focalizam aspectos superficiais do problema mais do que o fazem *experts*. Outros resultados confirmam achados de estudos anteriores, i.e., *experts* foram mais bem sucedidos em resolver problemas que requereram o uso de múltiplas representações, demandaram menos tempo e se movimentaram mais rapidamente entre as representações disponibilizadas.

Porém, os dados revelaram também que solucionadores novatos foram igualmente suscetíveis ao emprego de múltiplas representações, assim como também utilizaram seleção de representações de modo muito similar aos *experts*. No entanto, novatos e *experts* diferem significativamente no modo como utilizam as representações que produzem, mesmo que produzam representações similares. Uma explicação para esse achado é que aulas de Física tem se tornado ricas em representações, de modo que estudantes tendem a desenhar e produzirem diagramas independentemente de entenderem o por quê desse procedimento (KOHL; FINKELSTEIN, 2008).

Os dados revelaram também que diferenças entre novatos e *experts* não são completamente caracterizadas pelo número, tipo e correção das representações que eles empregam. A comparação do comportamento de novatos e *experts* quanto ao modo como utilizam representações trouxe alguns resultados interessantes quanto à similaridades e diferenças entre os dois grupos. Por exemplo, o tempo gasto em cada atividade foi bastante similar, à exceção do tempo aplicado no tipo de análises e exploração que realizam. Nesse aspecto, os dados revelaram que *experts* empregam a maior fração do seu tempo perseguindo objetivos e sub-objetivos específicos mesmo quando eles não sabe exatamente como proceder. Já os novatos gastaram algum tempo dessa maneira, mas era mais provável de se empenharem na exploração sem um claro propósito, talvez na esperança de esbarrarem com a abordagem correta (KOHL; FINKELSTEIN, 2008).

O estudo de Mason e Singh (2011) discute a categorização de problemas com base em princípios subjacentes, ao invés de recurso aos aspectos superficiais ou contextuais, como preditor de *expertise* na resolução de problemas. Nessa discussão, os autores partem dos resultados do estudo de Chi *et al.* (1981) para avaliar a distribuição de *expertise* entre estudantes de introdução à Física (cursos de cálculo e álgebra).

Relevante observar que um dos aspectos criticados pelos autores é quanto ao número de participantes do estudo de Chi *et al.* (1981). Isto porque Mason e Singh (2011) consideraram que nesse o número de participantes foi bastante reduzido de modo a possibilitar análise estatística confiável. Naquele estudo o número máximo de participantes nos vários experimentos conduzidos foi de oito novatos e oito *experts*.

Ante tal ponderação, Mason e Singh (2011) envolveu 228 estudantes de Física introdutória baseada em álgebra e 180 alunos do curso de Física introdutória baseada em cálculo. A participação desses estudantes foi precedida de aulas sobre os conceitos relevantes mostrados nos dois conjuntos de problemas utilizados no estudo. O estudo contou ainda com a participação de 21 estudantes graduados de Física os quais estavam inscritos em curso para professores assistentes e sete físicos membros do corpo docente. Isso possibilitou que os desempenhos na categorização de problemas de mecânica fossem comparados entre o grupo de estudantes de Física introdutória com os resultados evidenciados pelos estudantes graduados e pelos membros do corpo docente.

A tarefa do estudo consistiu de classificar problemas de mecânica com base na similaridade da solução. O estudo incluiu, entre outros, sete dos problemas apresentados aos participantes do estudo de Chi *et al.* (1981). Interessante observar que os alunos foram advertidos de que receberiam pontos pela participação, independente do desempenho, embora tenham sido solicitados a fazer o melhor possível na categorização (MASON; SINGH, 2011).

Os resultados indicaram um grande sobreposição entre os estudantes de introdução em cálculo e os graduados no que se refere à boa categorização. Nesse sentido, os dados sugerem que há ampla distribuição de *expertise* em mecânica entre as diferentes etapas do curso de Física (estudantes iniciantes e graduados). Outro interessante achado foi que, embora a categorização seja uma tarefa conceitual, estudantes do curso de cálculo evidenciaram melhor desempenho do que os de álgebra.

Os resultados realçam que é inadequado classificar todos alunos de cursos de cálculo introdutório de Física como novatos e todos físicos graduados como *experts*. Por outro lado, os dados mostraram que o desempenho de membros do corpo docente foi significativamente melhor do que o de estudantes graduados. Além disso, os autores observam que agrupar todos estudantes de curso introdutório no mesmo nível de *expertise*, ou rotular todos graduados como sendo *experts* finda-se por se perder muito se não a maioria dos aspectos e essência de *expertise*.

Um dado relevante é que no estudo o percentual de estudantes iniciantes que escolheram categorias baseadas em aspectos superficiais, tais como rampa e polia, foi significativamente menor do que no estudo de Chi *et al.* (1981). Outro dado

bastante revelador é que no estudo precursor categorias ‘*experts*’ – tais com segunda lei de Newton, movimento linear – foram selecionadas por estudantes não iniciantes. No entanto, no estudo mais recente, quantidade significativa de alunos iniciantes também utilizaram tais categorias. Mesmo se o estudo de Mason e Singh (2011) se restringisse aos setes problemas que teve em comum com o estudo de Chi *et al.* (1981), o número de estudantes dos cursos introdutórios que selecionaram as chamadas categorias *experts* seria significativamente maior que zero do estudo precursor.

Contudo, é interessante destacar que os autores chamam a atenção para o fato de que enquanto no estudo deles os dados foram coletados com estudantes matriculados e em sala de aula, o estudo precursor teve como participantes voluntários fora de sala de aula. Nesse sentido, há que se considerar, por exemplo, a questão de quanto tempo atrás eles haviam participado do curso de Física.

Por fim Mason e Singh (2011) ressaltam que uma vez que *expertise* desempenha um papel na categorização e essa é um preditor de *expertise*, não é apropriado classificar todos estudantes iniciantes como novatos e todos estudantes graduados como *experts*, tal como ocorrido no estudo de Chi *et al.* (1981).

Em suma, os trabalhos supra discutidos auxiliam no entendimento de quão diversos podem ser os resultados de pesquisas sobre o desempenho de novatos e *experts* na resolução de problemas de Física. Assim, no que diz respeito ao processo de categorização envolvido na resolução de problemas, a literatura mais antiga assinala que novatos e *experts* analisam o enunciado antes de categorizá-lo e se utilizam do mesmo conjunto de fatores, diferindo em alguns aspectos nesse processo. Por exemplo, novatos categorizam problemas orientados pelos componentes literais do enunciados. Embora possam identificar acuradamente termos chave, tem dificuldade em gerar inferências e perceber relações não explicitadas no enunciado. Já *experts* categorizam problemas com base em princípios da Física e são mais rápidos nesse processo. Eles realizam análises qualitativas do problema antes de escolher as equações que utilizarão, orientando a escolha mais pela representação do problema do que pelo que é desconhecido (CHI *et al.*, 1981; CHI *et al.*, 1982).

Todavia, mais recentemente, apareceram evidências da inadequação de se categorizar novatos e *experts* com base em suas condições como graduandos ou

graduado em Física, conforme visto em Mason e Singh (2011). Resultados do estudo desses autores demonstrou grande sobreposição entre o desempenho de ambos os grupos, evidenciando-se ampla distribuição de *expertise* em mecânica entre estudantes de graduação e graduados. Já a comparação do desempenho de graduados e professores apresentou diferença significativa entre ambos os grupos.

Além disso, interessantes resultados surgiram da comparação entre os desempenhos evidenciados nos estudos de Chi *et al.* (1981) e de Mason e Singh (2011) quando considerado o mesmo conjunto de problemas em ambos estudos. Tal comparação chama a atenção para o fato de que, conforme o segundo estudo, estudantes, quando classificados como novatos, podem também se utilizaram de princípios subjacentes na categorização de problemas. Porém, no estudo predecessor apenas os participantes considerados *experts* se utilizaram dessa estratégia.

Resultados em outra pesquisa mostram similaridade na proporção com que novatos e *experts* focalizam aspectos superficiais do enunciado e no tempo que utilizam com representações externas. Embora haja similaridade na quantidade de tempo empregado por ambos os grupos na resolução do problema, *experts* utilizam-se desse tempo na busca por atingir objetivos e sub-objetivos específicos, enquanto novatos não possuíam muita clareza de propósitos (KOHL; FINKELSTEIN, 2008).

Outra conclusão que se pode tirar desses estudos é que em processo de aprendizagem baseada em computador novatos são afetados significativamente pelos formatos de apresentação do problema, enquanto *experts* mostraram-se não influenciados por esse aspecto (CHANLIN, 2001).

CAPÍTULO IV

MÉTODO DE PESQUISA

*There's a lady who is sure all that glitters is gold
And she is buying a stairway to heaven.
(Led Zeppelin)*

O presente capítulo está dividido em três seções. Na primeira é apresentada a visão geral da pesquisa. Na segunda, são apresentados as definições operacionais dos conceitos e o modelo conceitual resultante da revisão de literatura. As definições constitutivas dos conceitos adotados no presente estudo estão apresentadas no capítulo de fundamentação teórica da pesquisa. Na terceira, é apresentado o desenho de pesquisa propriamente dito, no qual são descritos os experimentos e seus respectivos objetivos, hipóteses, sujeitos, procedimentos, variáveis independentes e dependentes, entre outros elementos da pesquisa.

4.1 Visão geral da pesquisa

O objetivo geral deste estudo **verificar o efeito da interação do solucionador com o enunciado sobre o tempo utilizado e o escore alcançado**. Uma vez que se cuida em observar relação de causa e efeito entre variáveis, adotou-se o método experimental, indicado para o estudo de tais tipos de relações. Conforme justificado na introdução deste trabalho, o presente estudo aborda a questão de modo interdisciplinar, recorrendo a noções, teorias, modelos, conceitos e métodos das abordagens do ponto de vista cognitivo na Ciência da Informação e do processamento da informação na Psicologia Cognitiva. A opção por essas abordagens deve-se ao fato de ambas compartilharem visão similar dos conceitos de informação e conhecimento, conforme demonstrado no capítulo dedicado ao referencial teórico do presente trabalho.

O ponto de vista cognitivo enfatiza a necessidade de se considerar que em sistemas de comunicação de interesse da Ciência da Informação ocorrem processos

cognitivos, os quais são significativos para a área. Tais processos ocorrem em sistemas de categorias e conceitos – i.e., estrutura conceitual ou estrutura de conhecimento. Nesse contexto, ganha relevo a ideia de textos transportando dados que, se percebidos, são transformados em informação como resultado de processamento pela estrutura de conhecimento. Assim, informação não é o mesmo que dado, esse entendido como informação potencial. O texto, portanto, transporta potencial para informação. Essa, por sua vez, é o que transforma o estado de conhecimento do indivíduo em um estado de mente específico, que pode ser solucionado de dois modos. O primeiro, pela busca em repositórios externos. O segundo, internamente, com informação presente na estrutura de conhecimento do receptor da informação.

Por essas questões, torna-se de relevância compreender a interação usuário-texto, de modo a verificar se aspectos do texto e da estrutura de conhecimento do receptor concorrem na transformação de dados em informação. A premência de se aprofundar essa interação é assinalada como importante dentro da abordagem do ponto de vista cognitivo (BELKIN, 1993). No entanto, duas décadas depois da observação do autor, parece haver ainda necessidade de pesquisas que explorem aspectos tais como influência de características dos dados e do receptor. Por enquanto, a prioridade de pesquisa na Ciência da Informação tem recaído no entendimento da interação usuário e sistema de recuperação de informação (PETTIGREW *et al.* 2002). Diante dessa lacuna, o presente trabalho foi realizado, visando a investigar aspectos da interação usuário-texto.

Por se tratar de pesquisa analítico-explicativa, em que se almeja desvendar a relação de **causa e efeito** entre variáveis, a abordagem quantitativa é a mais indicada, em vista da intenção de verificar possíveis explicações do fenômeno focalizado (RICHARDSON *et al.*, 2008, p. 71). Dentro da abordagem quantitativa, o estudo utiliza o método experimental. É importante ressaltar que, na Ciência da Informação, a adoção do *design* experimental é recomendável em contextos em que se deseje obter conhecimento causal confiável – relação de causas e efeitos – entre as variáveis e suas relações no fenômeno observado (HAAS; KRAFT, 1984). A presente pesquisa se encaixa no modelo hipotético-dedutivo, uma vez que se propõe a prever resultados e testar teorias. Trata-se também de pesquisa básica por não ter como objetivo a aplicação imediata de seus resultados em um contexto

social. Ao contrário, as preocupações são com o estabelecimento de um conjunto de explicações teóricas e conceitos que possam ser empregados por pesquisadores de ciências aplicadas (KANTOWITZ *et al.*, 2006), em especial, a Ciência da Informação e a Psicologia Cognitiva.

4.2 Conceitos, modelo conceitual e definições operacionais

Para atender o objetivo geral aqui estabelecido é necessário apresentar os três principais conceitos envolvidos no estudo, nomeadamente informação, estrutura de conhecimento e resolução de problemas. É necessário ainda apresentar o modelo conceitual que ilustra as relações estabelecidas entre eles.

O modelo conceitual por meio do qual se ilustra a relação entre os principais conceitos aqui discutidos foi edificado com fundamento no arcabouço teórico discutido previamente. Orienta, portanto, o desenho da pesquisa, as hipóteses levantadas, a coleta dos dados e a análise de resultados.

A **Ilustração 4** ilustra os elementos do modelo conceitual, no qual a resolução de problemas é compreendida como o processo cognitivo em que se objetiva encontrar solução para problemas, evidenciando comportamento resultante da interação do usuário (solucionador do problema) com o texto (enunciado do problema). O solucionador é o indivíduo ao qual cabe resolver o problema, caracterizado por seu nível de *expertise*. Assim, *expertise* consiste da posse de várias estruturas cognitivas as quais levam ao alto nível de desempenho em atividades específicas (SCHUNN *et al.* 2005). O texto é o conjunto organizado de proposições ordenadas pelas várias relações semânticas estabelecidas entre essas proposições (KINTSCH; VAN DIJK, 1978; KINTSCH, 1988). É aqui caracterizado pelo enunciado do problema por meio do qual o ambiente tarefa é comunicado ao solucionador.

A interação do solucionador com o enunciado do problema produz espaço problema (informação) resultante da informação percebida e transmitida por meio do enunciado. A informação, por sua vez, afeta e transforma o estado de conhecimento do receptor. Por fim, o desempenho resulta da solução do espaço problema e é verificado no presente estudo por meio do tempo utilizado na resolução e do escore alcançado em relação a ela.



MEMÓRIA DE TRABALHO

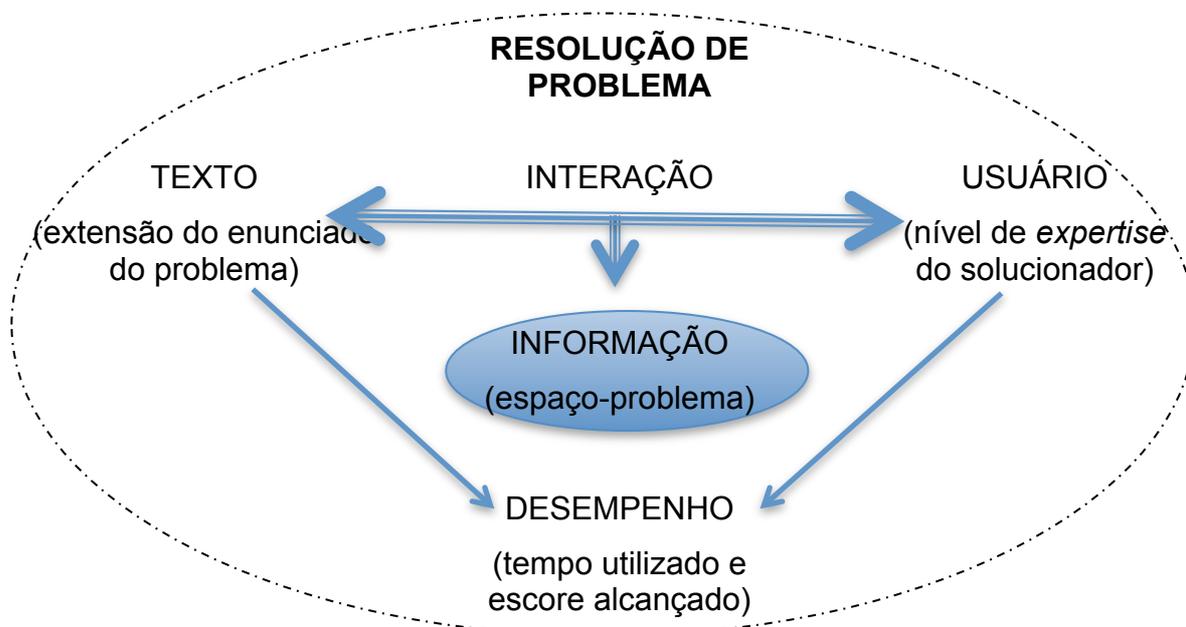


Ilustração 4 - Modelo conceitual

O modelo funciona como uma perspectiva de interpretação do papel desempenhado pela interação do solucionador com o enunciado do problema na solução alcançada. Nesse processo de interação, o solucionador extrai informação do enunciado do problema utilizando-a para representá-lo e recuperar esquemas de conhecimento relacionados aos procedimentos de resolução. Uma vez que a informação é processada na memória de trabalho – de capacidade limitada –, o solucionador pode utilizar o texto como memória externa para armazenar parte dos dados úteis na resolução. Ao agir assim, o solucionador desonera sua memória de trabalho para processamento, sem a qual o desempenho seria comprometido.

Cabe realçar que, ao utilizar memória externa, o solucionador deve ser capaz de coordenar e integrar a informação contida na fonte externa com o processo de resolução que está executando. Por outro lado, a habilidade e a fluência em um dado domínio conferem eficiência na coordenação entre as duas memórias – interna e externa. Nesse sentido, o modelo indica que a interação da estrutura de conhecimento com o enunciado e, conseqüentemente, o desempenho, são afetados pelo nível da estrutura de conhecimento do solucionador, i.e., seu nível de *expertise*.

4.2.1 Limitações do modelo

Cabe ressaltar que o presente trabalho busca atender a vários aspectos da pesquisa científica, como por exemplo, a preocupação e o cuidado na escolha dos participantes. No entanto, salienta-se que vários outros fatores – embora observados e, na medida do possível, mantidos sob controle –, podem ter influência sobre os resultados. Esses fatores são realçados a seguir, a fim de registrar suas existências, destacando que alguns referem-se a fatores motivacionais não cobertos na presente pesquisa, e outros são questões de economia, inclusive de tempo.

- aspectos emocionais dos participantes não foram levantados. Assume-se que todos estejam motivados a participar do estudo. Lembra-se, inclusive, que todos os participantes foram voluntários e que demonstram grande interesse nos resultados por eles obtidos após o teste.
- possíveis diferenças individuais não associadas com o desenvolvimento de *expertise* dentro dos domínios da Física (e.g. dificuldade com matemática).
- possíveis problemas neurológicos, tais como dislexia, epilepsia, altas habilidades, entre outros, que poderiam afetar o desempenho na resolução desse tipo de problema, mas que não serão levantadas e/ou controladas.
- possíveis efeitos do ambiente de realização da prova, como iluminação, temperatura, mobiliário e equipamentos utilizados.
- elementos distratores tais como ruídos e sons no ambiente externo que circunda os locais de coleta de dados e que possam estar fora do controle do experimentador.

4.3 Desenho de pesquisa

O objetivo geral do presente estudo é verificar se o efeito da interação do solucionador com o enunciado do problema influenciam o tempo utilizado e o escore

alcançado (**Quadro 1**). O ponto de partida desse objetivo é o reconhecimento de que é de interesse da Ciência da Informação compreender os mecanismos subjacentes aos sistemas de comunicação humana. Esse reconhecimento surge na abordagem cognitiva da área, em que o conceito de informação está estreitamente relacionado ao de texto, avivando assim a necessidade de aprofundamento da compreensão usuário-texto.

QUADRO 1 – Ilustração do objetivo geral

EFEITO DA INTERAÇÃO		
Solucionador (VI - nível de <i>expertise</i>)	Enunciado do problema (VI - extensão do enunciado)	
	Curto	Longo
Novato	VD - Tempo utilizado	VD - Tempo utilizado
	VD - Escore alcançado	VD - Escore alcançado
<i>Expert</i>	VD - Tempo utilizado	VD - Tempo utilizado
	VD - Escore alcançado	VD - Escore alcançado

VI: Variáveis independentes

VD: Variáveis dependentes

Conforme mencionado anteriormente, o método adotado pelo presente estudo é o método experimental. A seguir, são descritos: os dois experimentos; suas respectivas hipóteses, cujas verificações tem dupla finalidade; e o método de pesquisa. A primeira finalidade de verificação das hipóteses é oferecer fundamentação empírica do modelo conceitual anteriormente descrito. A segunda, satisfazer os objetivos do presente estudo.

A escolha do método experimental deve-se, em especial, ao tipo de verificação almejada, em que são estabelecidas variáveis independentes – causa – e se observa se elas influenciam as variáveis dependentes – efeito. A escolha dos tipos de mensuração das variáveis dependentes (escore alcançado e tempo utilizado) é adequada aos objetivos do estudo. Ao mesmo tempo, acompanha a

tradição na Psicologia Cognitiva no sentido em que constituem dois dos principais tipos de mensuração (PAYNE; WESTERMAN, 2003).

4.3.1 Descrição e fundamentação do Experimento 1

O objetivo do Experimento 1 foi verificar se na presença da interação do solucionador com o enunciado, o nível de *expertise* e a extensão do enunciado influenciam o tempo utilizado e o escore alcançado na resolução de problemas (**Quadro 2**). Conforme já ressaltado, acredita-se ser relevante aprofundar o entendimento da interação usuário-texto por meio do conhecimento de que características de um e de outro atuam nesse processo.

QUADRO 2 – Ilustração do objetivo específico – Experimento 1

PRESENÇA DA INTERAÇÃO		
Solucionador (VI - nível de <i>expertise</i>)	Enunciado do problema (VI - extensão do enunciado)	
	Curto	Longo
Novato	VD - Tempo utilizado	VD - Tempo utilizado
	VD - Escore alcançado	VD - Escore alcançado
<i>Expert</i>	VD - Tempo utilizado	VD - Tempo utilizado
	VD - Escore alcançado	VD - Escore alcançado

VI: Variáveis independentes

VD: Variáveis dependentes

Observa-se que características do enunciado do problema e do solucionador podem influenciar no desempenho alcançado. Nesse estudo as características escolhidas foram a extensão do enunciado e o nível de *expertise*, as quais são operacionalizadas e investigadas conforme segue.

A influência do nível de *expertise* do solucionador no seu desempenho tem sido tema de vários estudos na Ciência da Informação, envolvendo as mais variadas situações (DILLON; SCHAAP, 1996; BRAND-GRUWEL *et al.*, 2005; HEMBROOKE, 2005; JU, 2007; YUAN *et al.*, 2010). Os estudos em tomada de decisão também

trazem evidência da influência da *expertise* (SHANTEAU, 1992; TSAI *et al.*, 2008). A influência do nível de *expertise* também tem sido assunto largamente investigado na resolução de problemas. Evidências da sua influência nesse processo cognitivo vão desde estudos seminais em que se observa o processo de resolução de problemas em jogos de xadrez (CHASE; SIMON, 1973) até a investigações da importância do nível de *expertise* em áreas de domínios do conhecimento como a Álgebra (HINSLEY *et al.*, 1977) e a Física (CHI *et al.*, 1981; CHI *et al.*, 1982; CHANLIN, 2001; SINGH, 2008; KOHL; FINKELSTEIN, 2008; MASON; SINGH, 2011).

No geral, os achados demonstram que, se considerado independentemente de outros fatores, quanto maior o nível de *expertise*, melhor o desempenho, esse medido em relação ao tempo utilizado, às estratégias adotadas, à precisão na resposta, à categorização do problema, entre outros. Embora em menor escala, tem sido observado também que algumas vezes não há diferenças significativas entre comportamentos de novatos e *experts* no que diz respeito, por exemplo, à recordação de peças de xadrez apresentadas em formação aleatória (CHASE; SIMON, 1973) e busca de informação (BRAND-GRUWEL *et al.*, 2005).

Em termos gerais, o nível de *expertise* tem sido visto como um preditor de desempenho em problemas de rico domínio, como a Física (CHI *et al.*, 1981; CHI *et al.*, 1982; SINGH, 2008; MASON; SINGH, 2011). Há várias evidências de que o solucionador *expert* alcança melhores resultados do que o solucionador novato. Uma das razões seria a posse de esquemas de conhecimento mais completos (CHI *et al.*, 1981), hierarquicamente organizados, cujo topo é preenchido por conceitos fundamentais (SINGH, 2008). Além disso, na categorização de problemas de Física, *experts* tendem a utilizar menos tempo do que novatos, além de se basearem em princípios de Física, enquanto novatos baseiam-se em aspectos literais (CHI *et al.*, 1982).

Embora o nível de *expertise* tenha sido uma variável frequentemente observada em estudos empíricos como os citados anteriormente, um problema que se nota diz respeito às várias perspectivas de definição operacional desse constructo. A escolha dos participantes que representam operacionalmente ambas as condições tem abrangido um amplo leque de entendimentos e às vezes colocam em questão os resultados, conforme salienta Bilalić *et al.* (2008).

Em contraste às variadas operacionalizações de *experts* e novatos, Ericsson (2003) entende que o alto nível no desempenho em várias atividades somente é atingido como resultado de prática deliberada e desafiadora, requerendo, em alguns casos, 10 anos ou mais para ser atingido. Outra perspectiva a respeito dessa questão é trazida por Mason e Singh (2011), os quais relatam que há evidências na Física, particularmente, de que a *expertise* dos físicos pode abranger vários níveis no processo da educação desses. Estudo conduzido pelos autores demonstrou ampla sobreposição entre o desempenho de alunos de cursos introdutórios e egressos, ao mesmo tempo que houve diferença significativa entre os desempenhos de alunos de curso introdutório e membros do corpo docente.

Por esses motivos, no presente estudo, a escolha dos participantes que representam os dois níveis da variável *nível de expertise*, parte da consideração de três fatores. Primeiro, a orientação de que desempenhos superiores requerem prática. Se não a prática deliberada durante anos de trabalho no campo, pelo menos envolvimento constante e diuturno. Em segundo lugar, há que se atender, conforme chamam atenção Mason e Singh (2011), a tamanho de amostra que permita análise estatística mais profunda. Daí a necessidade de coletar dados com amostra de tamanho suficiente para tanto. Por fim, a operacionalização dos constructos novatos e *experts* é limitada por questões de tempo e economia de recursos.

Especificamente no presente trabalho, os dois últimos fatores limitam a possibilidade de atender integralmente a orientação do modelo de Ericsson (2003). Porém, o trabalho de Mason e Singh (2011) oferece uma solução a qual se toma como parâmetro na definição dos participantes no presente estudo. Portanto, novatos aqui são representados por estudantes de curso pré-vestibular e *experts* são representados por professores da disciplina Física, com no mínimo um ano de experiência no ensino de Mecânica Clássica, conforme descrição no item Participantes.

Embora no estudo se investigue o texto em relação à sua extensão, as hipóteses levantadas são orientadas pelos achados de pesquisa envolvendo a sobrecarga de informação, uma vez que pouco foi encontrado sobre a influência da extensão do texto. Nessas pesquisas, a quantidade de informação aparece como preditora do desempenho em processos cognitivos como a tomada de decisão (HWANG; LIN, 1999; ISELIN, 1989), o consumo (KIM, 2006; LURIE, 2004; TSAI *et*

al, 2008; SICILIA; RUIZ, 2010; ALJUKHADAR; SENEAL; DAOUST, 2010) e a aprendizagem (CULROSS; DAVIS, 1973). De forma geral, ante a oferta excessiva de informação, a qualidade das decisões cai em comparação a situações em que a quantidade de informação é menor. Outro efeito da sobrecarga de informação é o aumento no tempo utilizado na realização das tarefas. Porém, é interessante ressaltar que a percepção dos indivíduos envolvidos em estudos como os de Kim (2006) e de Tsai *et al* (2008) é positiva quanto à maior quantidade de informação, embora seus desempenhos tenham piorado com o aumento dessa.

Por outro lado, estudos em aprendizagem tem verificado que a interação de aprendizes *experts* com maior quantidade de informação, devido ao uso de guias instrucionais em enunciados de problemas, produzem o chamado efeito reverso de *expertise* (KALYUGA *et al.*, 2003; REY; BUCHWALD, 2011). Isto é, em situações como essas, *experts* tendem a demonstrar desempenho pior do que se houvessem enfrentado o material a ser aprendido apresentado em menor extensão. Porém, observa-se que o efeito reverso não significa necessariamente que *experts* tenham desempenho inferior que novatos (REY, BUCHWALD, 2011).

O presente estudo requereu a utilização subsidiária das teorias e evidências empíricas dos estudos citados anteriormente, embora esses descrevam processos e sistemas cognitivos não relacionados diretamente à resolução de problemas. Isso devido à dificuldade de se encontrar na literatura da área, estudos que versassem sobre efeitos da carga de informação ofertada ao solucionador em processos de resolução de problema. Nesse contexto, o presente experimento verifica três hipóteses, cujos enunciados são descritos a seguir.

A hipótese do **efeito principal do nível de *expertise*** do solucionador sustenta que, em média, e independentemente da extensão do enunciado do problema, *experts* apresentarão score maior do que novatos. Adicionalmente, espera-se que *experts* utilizem menos tempo que novatos na realização da tarefa. Essa expectativa fundamenta-se em dois aspectos. O primeiro em proposições teóricas de que experiência e conhecimento do solucionador determinam como a solução será atingida. O segundo em evidências empíricas que demonstram esse entendimento.

Ademais, achados em pesquisa de categorização, demonstram que *experts* são mais rápidos na categorização de problemas de Física. Os *experts* tendem a perceber a estrutura do problema de maneira mais acurada. São também mais aptos na avaliação de relações subjacentes dos componentes do problema bem como na adoção de estratégias mais adequadas na resolução do problema. Conseqüentemente, tendem a evidenciar melhor desempenho em termos de correção da resposta e em tempo utilizado. Suas estruturas de conhecimento, i.e., seus esquemas, são mais organizados e completos, favorecendo a inferência de estímulos não observados, a melhor compreensão do ambiente tarefa e a detecção de itens irrelevantes. Portanto, os *experts* representam o espaço problema com mais precisão e riqueza de detalhes do que os novatos. *Experts* também são mais acurados na categorização dos problemas, o que influencia na escolha de estratégias de resolução. Além disso, são mais aptos ao planejamento e à avaliação das várias opções, assegurando desempenhos de qualidade superior àquele apresentado por novatos.

A hipótese do **efeito principal da extensão do enunciado** do problema assume que, independentemente do nível de *expertise* do solucionador, a média do score alcançado na resolução de problemas apresentados com enunciados ‘curtos’ será maior do que a dos problemas apresentados com enunciados ‘longos’. Adicionalmente, é esperado que a média de tempo utilizado na resolução de problemas com enunciados longos seja maior do que na resolução de problemas apresentados com enunciados curtos.

Essa expectativa ancora-se na suposição de que, assim como nos processos de tomada de decisão, a sobrecarga de informação poderia impactar negativamente também processos de resolução de problemas, tanto em relação à qualidade da solução encontrada quanto ao maior tempo demandado na resolução. Isso porque o processamento da informação, em um caso e outro, tem lugar na memória de trabalho, de capacidade limitada. Uma maior quantidade de informação sobrecarregaria a memória de trabalho, levando ao comprometimento do desempenho.

Por fim, a hipótese de **efeito de interação do nível de expertise com a extensão do enunciado** do problema sustenta que, no que se refere ao tempo

utilizado, novatos resolvendo problemas com enunciados longos apresentarão a maior média. Adicionalmente, *experts* resolvendo problemas com enunciados curtos evidenciarão a menor média. Não é esperada diferença significativa entre *experts* e novatos na resolução de problemas com enunciados longos. Já em relação ao escore alcançado, assume-se que a menor média será observada para novatos em face da resolução de problemas com enunciados longos. Por outro lado, a maior média será apresentada por *experts* quando da resolução de problemas com enunciados curtos.

A racional para essa expectativa fundamenta-se em evidências de que novatos podem encontrar dificuldades ao lidar com maiores quantidades de informação. Isso porque a maior quantidade de informação tende a obstar a representação e categorização de problemas, demandando mais tempo nessa etapa. Conforme visto, novatos se baseiam mais em aspectos superficiais do enunciado do que nos princípios envolvidos no problema. Por essa razão, é esperado que cometam mais erros e utilizem mais tempo.

Experts, por sua vez, categorizam e representam problemas com base em aspectos mais abstratos, não se deixando orientar apenas pelos dados na redação do problema. Uma vez que realizam a análise do problema, retiram do enunciado apenas os dados relevantes, os quais organizam adequadamente na representação do problema, passando a trabalhar a partir da representação. Em face do modo mais eficiente com que *experts* lidam com informação no enunciado, a variação na extensão deste não produzem efeito. Portanto, o desempenho de *experts*, em ambas as condições do processos de resolução de problemas de Física não se sujeita a variações no tamanho do enunciado do problema. Em relação ao tempo, em ambas condições seriam mais rápidos que novatos.

Método

Participantes

A caracterização da variável nível de *expertise* – novatos e *experts* – orientou-se nos critérios adotados na definição dos participantes do estudo de Mason e Singh

(2011), conforme já discutido anteriormente. Participaram da pesquisa, voluntariamente, 48 indivíduos, sendo 12 do gênero feminino e 36 do gênero masculino, categorizados em dois grupos – *novatos* e *experts*. O primeiro, o grupo dos *novatos*, era composto por 24 alunos de curso pré-vestibular, com idade entre 17 e 22 anos, candidatos a vagas em cursos universitários das ciências exatas e ciência da saúde. Todos eram estudantes de cursos preparatórios para o vestibular, ministrados por estabelecimentos particulares localizados no Distrito Federal. Todos já haviam tentado a aprovação no vestibular entre 2 e 7 vezes (contagem por semestre).

O segundo grupo, os *experts*, era composto de 24 professores de Física do ensino médio, de escolas públicas e particulares do Distrito Federal, com idade entre 27 e 60 anos. Ainda em relação a esse grupo é relevante destacar que o tempo de experiência como professor variou entre 2 e 32 anos dedicados ao ensino de Física. Além disso, todos os participantes afirmaram estar lecionando ou ter lecionado o conteúdo de Mecânica Clássica entre 2012 e 2013.

Materiais

No Experimento 1 foram utilizados dois problemas de Física do subcampo Mecânica Clássica, cada problema redigido em duas versões – uma versão curta e uma versão longa. Os modelos dos problemas constam dos **Apêndices B, C, D e E**. Os problemas foram retirados do livro didático intitulado Física (TIPLER; MOSCA, 2006) e adaptados de modo a atender aos propósitos do presente estudo. Nesse livro, os problemas aqui utilizados eram classificados, em termos de grau de dificuldade, como fáceis, de modo a afastar a possibilidade de ter como variável interveniente o nível de dificuldade. As versões curto e longo se diferenciam em função do número de proposições que compõem o enunciado do problema. A adaptação dos enunciados dos problemas foi executada pela retirada ou acréscimo de proposições. Por exemplo, acrescentando conceitos relacionados ao conteúdo do problema ou conferindo-lhe um contexto, conforme se pode observar nos **Apêndices C e E**. Ou seja, a versão longa é versão mais contextualizada do que a versão curta. O enunciado também pode ser resultado de modificações no original em razão da retirada de algumas partes do texto, sem prejuízo do conteúdo necessário ao entendimento do problema. Procedimento similar pode ser observado

no estudo de McNamara *et al.* (1996) em que o acréscimo de coerência ao texto ocorre pela adição de passagens explicativas. Cabe salientar que, embora o enunciado do problema, redigido em duas versões apresente diferentes números de proposições, as estratégias necessárias ao desenvolvimento e resolução de cada problema são as mesmas em ambas as versões.

Os problemas foram apresentados em folha de papel A4. Cada participante teve disponível também uma calculadora, caneta, lápis e borracha que foram utilizados na realização da tarefa.

Delineamento

Com a finalidade de verificar o efeito do nível de *expertise* do solucionador em relação à extensão do enunciado do problema foi definido delineamento fatorial misto (2x2). A variável independente **nível de *expertise*** (novato e *expert*) é manipulada entre sujeitos e a variável independente **extensão do enunciado** do problema ('curto' e 'longo') é manipulada intra-sujeitos. Com esse delineamento foram mensurados os efeitos da manipulação entre e intra-sujeitos, observando, durante o procedimento de coleta de dados, o tempo utilizado e o escore alcançado na resolução do problema.

Procedimento de coleta de dados

Cada participante se apresentou, individualmente, ao experimentador, tendo sido previamente avisado por membro da instituição de ensino participante ou pelo próprio experimentador a respeito do estudo. A coleta ocorreu em sala de aula e horário disponibilizado pela direção das instituições de ensino frequentadas pelos estudantes (novatos) e onde lecionavam os professores (*experts*). A primeira etapa do procedimento compreendeu a leitura, pelo participante, do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), de acordo com o **Apêndice A**. Terminada a leitura, o participante foi questionado se estava de acordo com o TCLE e se desejava ser voluntário no estudo. Seria dispensado qualquer participante que respondesse negativamente a uma dessas questões, fato este que não ocorreu.

Na etapa seguinte, o participante foi convidado a responder questionário sócio-demográfico. Finda essa etapa, o experimentador leu para o participante esclarecimentos gerais para a realização da tarefa, sendo esses esclarecimentos padronizados. Dentre esses esclarecimentos constou que a resolução dos problemas teria tempo livre para execução, sendo estimado entre cinco e 10 minutos para cada problema. O participante foi esclarecido ainda de que, embora o tempo de realização da tarefa fosse livre, seria computado o momento exato de início e de fim do processo de resolução de cada problema. Seguindo à leitura dos esclarecimentos gerais pelo experimentador, teve início a resolução dos problemas, tendo sido alternadas suas versões curta e longa, entre primeiro e segundo a ser resolvido, conforme os participantes foram se apresentando.

Terminada a realização da tarefa de resolução de cada problema, a folha contendo o enunciado e a resolução do problema foi retornada ao experimentador. As **Ilustrações 5 e 6** a seguir ilustram as etapas do supramencionado procedimento. Por oportuno, esclarece-se que as etapas 1 a 4 do procedimento são comuns a ambos os experimentos, razão pela qual a **Ilustração 5** é apresentada uma única vez. Cabe esclarecer também que em ambos os experimentos, a coleta de dados foi realizada individualmente, em sala utilizada unicamente para esse fim naquele momento, tendo sido escolhida sala mais afastada e longe do barulho normalmente presente nas escolas. Durante a coleta não houve interferência de terceiros. O período de realização do procedimento foi durante o horário comercial e de funcionamento dessas instituições.

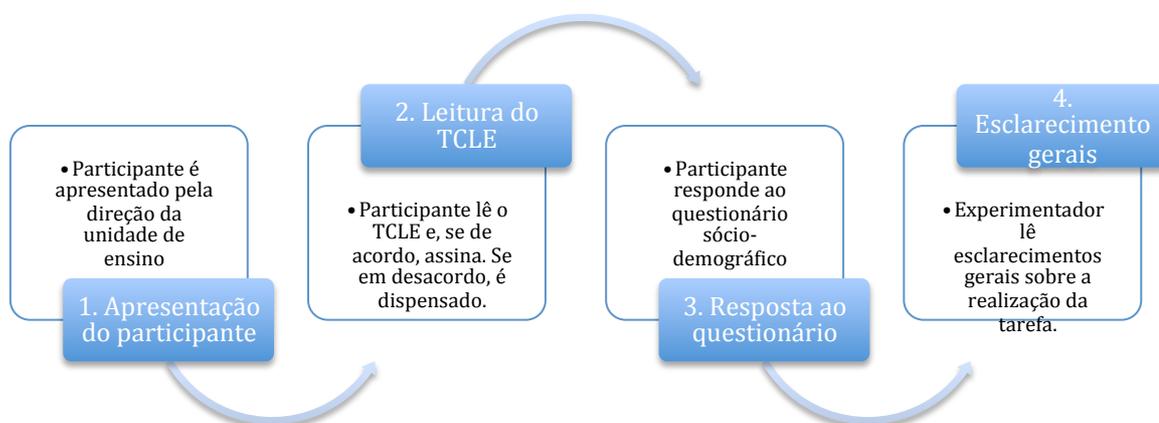


Ilustração 5 - Etapas do procedimento comum para coleta de dados nos Experimentos 1 e 2.

A **Ilustração 6** a seguir ilustra etapas específicas do procedimento de coleta de dados do Experimento 1.

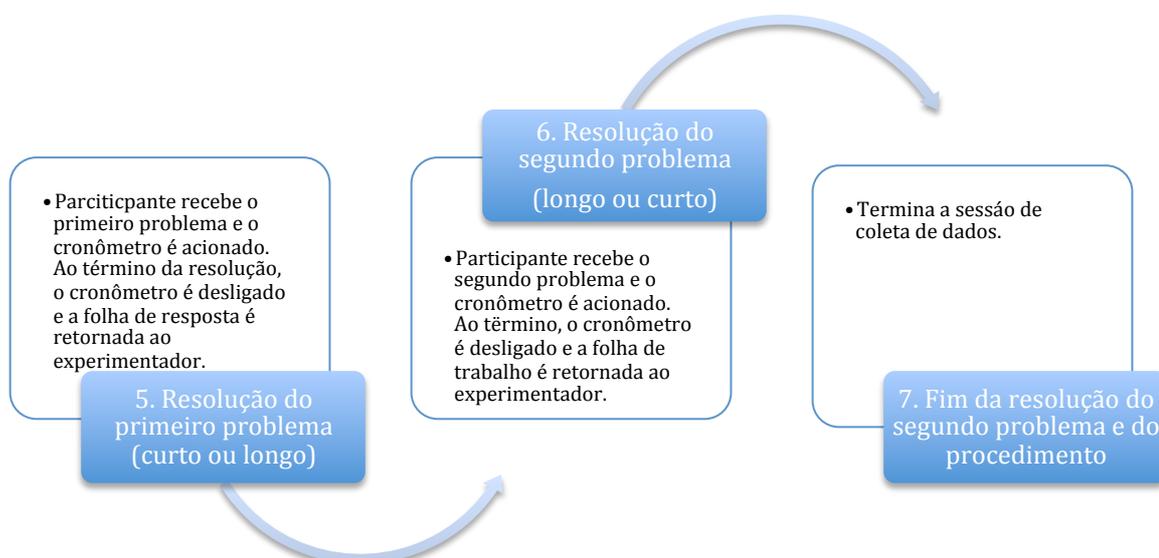


Ilustração 6 - Etapas do procedimento para coleta de dados do Experimento 1.

O material (problemas) foi apresentado em duas folhas A4, uma para cada problema, tendo esse sido impresso em fonte arial, tamanho 12. A folha foi entregue

acompanhada de caneta esferográfica, lápis, borracha e calculadora. O material foi recolhido após o final da tarefa.

Procedimento de análise dos dados coletados

Embora o tempo para a resolução dos problemas fosse livre, considerou-se para fins de análise dos efeitos principal e de interação o tempo utilizado durante a resolução de cada um dos problemas. O tempo utilizado levado em consideração foi o apresentado no *display* do cronômetro, calculado deste o início do processo de resolução de cada um dos problemas até o momento final deste, evidenciado em minutos e segundos, conforme esquematizado a seguir:

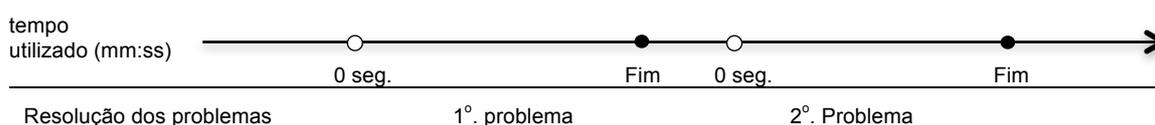


Ilustração 7 - Representação do método de mensuração do tempo utilizado na resolução dos problemas no Experimento 1.

O escore alcançado, por sua vez, foi atribuído conforme a quantidade de respostas corretas e incorretas para cada questão, em cada um dos problemas – um enunciado curto e um enunciado longo. O **Quadro 3** sintetiza a forma de cômputo da pontuação de cada problema.

QUADRO 3 – Cômputo da pontuação atingida em cada problema	
Problema apresentado com enunciado curto OU longo	Total de pontos por problema e situação evidenciada
Errou questão a) e b) de cada problema (0 de 2)	0
Acertou questão a) ou b) de cada problema (1 de 2)	1
Acertou questões a) e b) de cada problema (2 de 2)	2

Assim, considerando-se que cada problema constou de duas questões e que cada participante resolveu dois problemas, tendo enfrentado quatro questões no total, a pontuação atribuída por participante foi a seguinte:

- a) zero, se todas as questões estavam erradas
- b) um, se apenas uma questão estava correta
- c) dois, se duas questões estavam corretas
- d) três, se três questões estavam corretas
- e) quatro, se as quatro questões estavam corretas.

A partir da atribuição da pontuação correspondente ao desempenho em relação ao tempo utilizado e o escore alcançado, os resultados foram tabulados e analisados com auxílio do *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS), sendo conduzidos testes t relacionados e independentes e Análise de Variância (ANOVA) por se mostrarem como os testes paramétricos mais apropriados para as verificações que foram feitas. A análise dos dados e respectiva discussão são conteúdo do próximo capítulo.

4.3.2 Pré-estudo do Experimento 2

A calibragem do tempo de estudo do enunciado do problema foi realizada com a utilização do material do Experimento 2 com vistas a verificar, preliminarmente, qual a medida de tempo mais adequada para a tarefa. Tal medida é descrita no item procedimento de coleta de dados do Experimento 2. Os indivíduos escolhidos para o pré-estudo foram seis professores (*experts*) presentes no XX Simpósio do Ensino de Física, realizado entre os dias 21 e 25 de janeiro de 2013. Os tempos utilizados para o enunciado curto e longo foram estabelecidos com base na razão de 1 x 3, uma vez que o enunciado longo é aproximadamente três vezes maior que o curto.

A verificação teve início com a permissão de que a leitura e estudo do enunciado fosse feita durante 40 segundos para o enunciado curto e dois minutos para o enunciado longo. A avaliação do comportamento dos participantes indicou que era tempo demasiado. Assim, passou-se a avaliar a permissão de 20 segundos para o enunciado curto e um minuto para o enunciado longo, ao que os participantes reclamaram que o tempo era insuficiente para a leitura. A terceira testagem, que foi a que prevaleceu, instruíu os participantes a lerem e estudarem o problema durante 30 segundos para o enunciado curto e um minuto e meio para o enunciado longo.

4.3.3 Descrição e Fundamentação do Experimento 2

O objetivo com o Experimento 2 foi verificar se na ausência de interação do solucionador com o enunciado, o nível de *expertise* e a extensão do enunciado influenciam o tempo utilizado e o escore alcançado na resolução de problemas (Quadro 4). Esse é o pano de fundo para se discutir se a interação do solucionador com o enunciado do problema pode ser vista como um dos aspectos que influencia o processo de resolução de problema. Isso porque a interação pode ser um meio pelo qual se propicia alívio da memória de trabalho durante o processo de resolução. Nesse sentido, no presente experimento se propõe verificar a relevância da interação ao se retirar a permissão para interagir com o enunciado durante o processo de resolução. Essa ocorrerá apenas na fase de estudo do enunciado a qual antecede a resolução do problema propriamente dita.

QUADRO 4 – Ilustração do objetivo específico – Experimento 2

AUSÊNCIA DA INTERAÇÃO		
Solucionador (VI - nível de <i>expertise</i>)	Enunciado do problema (VI - extensão do enunciado)	
	Curto	Longo
Novato	VD - Tempo utilizado	VD - Tempo utilizado
	VD - Escore alcançado	VD - Escore alcançado
<i>Expert</i>	VD - Tempo utilizado	VD - Tempo utilizado
	VD - Escore alcançado	VD - Escore alcançado

VI: Variáveis independentes

VD: Variáveis dependentes

Embora pareça claro que o solucionador interage com o enunciado a fim de obter os dados necessários ao processo de resolução do problema, não se mostra tão óbvio em que momento isso ocorre. Tampouco, foi possível afirmar, com os dados obtidos no Experimento 1, se o nível de *expertise* do solucionador e a extensão do enunciado podem ser vistos como características que influenciam essa interação. Assim, é possível inferir que a interação ocorra apenas no início do

processo, quando o solucionador, por meio da leitura, compreende o problema e extrai do enunciado todos os dados relevantes, tornando o enunciado dispensável a partir desse momento. Porém, também é possível inferir que o solucionador interage com o enunciado durante todo o processo de resolução. Nesse caso, ele recorre ao enunciado a fim de recuperar dados ou rever algum ponto necessário à compreensão. Isso porque o solucionador utilizaria o enunciado como memória externa, na qual poderia 'guardar' e de onde poderia 'recuperar' informação não presente na memória de trabalho quando tal informação se fizer necessária. Agindo assim, ele aliviaria a carga na memória de trabalho, desonerando-a para atuar no desenvolvimento de estratégias, na recuperação de fórmulas e procedimentos com os quais atingiria a resposta para o problema.

A literatura assinala a existência de diferenças individuais em relação ao uso e dependência de memórias externas na resolução de problemas, como, por exemplo, na resolução de problemas envolvendo movimento mecânico. Conseqüentemente, na resolução de problemas de mecânica, *experts* detalham diagramas à medida que vão resolvendo o problema. Porém, essa estratégia é utilizada por aqueles que reconhecem que agindo desse modo também se promove a desoneração da memória de trabalho (HEGARTY; STEINHOFF, 1997).

A literatura também oferece indicações de que a memória externa alivia a carga e promove a liberação da memória de trabalho para outros processamentos (COX, 1999; CARY, CARLSON, 2001; PFEIFFER, 2004; ZHANG; WANG, 2009). No entanto, a utilização desse recurso pode representar um custo (CARY; CARLSON, 2001), físico ou cognitivo, e que pode desestimular seu uso. Além disso, recorrer a memórias externas requer conhecimento meta-cognitivo de que estas podem minimizar a carga sobre a memória de trabalho e, por conseguinte, impactar positivamente no desempenho (HEGARTY; STEINHOFF, 1997). Conseqüentemente, conforme visto no parágrafo anterior, a resolução de certos problemas pode significar o reconhecimento de que recorrer a memórias externas favorece o desempenho. Tal reconhecimento depende do nível do conhecimento meta-cognitivo de como memórias externas podem aliviar a demanda cognitiva na realização de processos tais como a resolução de problemas.

Achados de pesquisa envolvendo problemas de transformação mostram que o solucionador, na impossibilidade de fazer uso de memória externa, desenvolve

outras estratégias que aliviam a memória de trabalho e possibilitam prosseguir com a resolução (PFEIFFER, 2004). No entanto, é salutar observar com ressalvas esses achados no que se refere a outros tipos de problemas. Isso porque problemas de transformação não envolvem conhecimento de domínio específico que precisa ser recuperado da estrutura de conhecimento do solucionador. Por essa razão, é possível que a resolução de problemas de Física, que requerem conhecimento de domínio específico e nos quais ocorrem recuperações de informações da memória de longo prazo, a impossibilidade de utilizar memórias externas pode causar resultados diferentes.

Acredita-se ser de interesse da ciência aprofundar o entendimento de como opera a interação de solucionadores com memórias externas em processos de resolução de problemas em domínios de rico conhecimento. Nesse sentido, o argumento central desse experimento sustenta que o enunciado do problema funciona como memória externa na resolução de problemas como os aqui utilizados. A interação tem como função aliviar a memória de trabalho, em cuja ausência o desempenho é prejudicado, se comparado à resolução dos mesmos problemas na ausência da interação solucionador-enunciado. Isso porque, sem a interação o solucionador se veria na necessidade de utilizar seus recursos de memória de trabalho em duas frentes. Uma para o armazenamento dos dados extraídos do enunciado relevantes para as estratégias de resolução. A outra, na ativação de seus esquemas de conhecimento para responder com os procedimentos requeridos no processo de resolução. Nesse sentido, com fundamento das discussões prévias, são estabelecidas três hipóteses para o Experimento 2 as quais são apresentadas a seguir.

A hipótese para o efeito principal do nível de *expertise*, independentemente da extensão do enunciado, sustenta que na ausência de interação com o enunciado do problema os solucionadores *experts* evidenciarão, em média, menor tempo utilizado e maior escore alcançado do que novatos. Tal expectativa fundamenta-se nas evidências empíricas de que durante a leitura e compreensão do enunciado do problema *experts* realizam a categorização do problema, ativando procedimento necessário à resolução já na etapa de estudo do enunciado. Uma vez que a categorização seria realizada na fase de estudo e com base em aspectos profundos do problema, *experts* obteriam vantagem em termos de

desoneração da memória de trabalho para armazenamento dos dados que identificassem como relevantes. Assim procedendo, *experts* estariam menos sujeitos às limitações da capacidade de memória de trabalho do que novatos. Conseqüentemente, *experts* evidenciariam melhor desempenho, em termos de tempo utilizado e escore alcançado na resposta, do que os novatos.

Quanto à **hipótese do efeito principal da extensão do enunciado** na ausência de interação do solucionador com o enunciado do problema, defende-se que, independentemente do nível de *expertise*, em média, o tempo utilizado na resolução dos problemas com enunciados curtos será menor do que o utilizado na resolução dos problemas com enunciados longos. Além disso, os escores alcançados na resolução de problemas com enunciados curtos serão maiores do que os alcançados na resolução de problemas apresentados com enunciados longos.

A defesa dessa hipótese está baseada na ideia de que assim como a sobrecarga de informação afeta negativamente os processos de tomada de decisão, na resolução de problemas, maior quantidade de informação demandaria mais a memória de trabalho por requerer maior processamento da memória de trabalho. Devido à capacidade limitada desta, o desempenho, em termos de tempo utilizado e de escore alcançado, ficaria comprometido, no sentido de demandar mais tempo, do mesmo modo que apresentaria mais erros na resolução dos problemas longos do que dos curtos.

Por fim, a expectativa com a **hipótese de interação do nível de *expertise* com a extensão do enunciado**, é de que a menor média de tempo utilizado será apresentada na combinação *experts* e enunciados curtos e a maior média, para a combinação novatos e enunciados longos. Já em relação ao escore alcançado, é esperado que os dados revelem menor média será para a combinação novatos e enunciados longos e maior para a combinação *experts* e enunciados curtos. Não é esperado diferença significativa entre novatos e *experts* na resolução de problemas com enunciados longos. Essas expectativas repousam na ideia de que enunciados curtos apresentam menos informação a ser processada e menos itens distratores a serem afastados da atenção. Por essa razão, quando o problema é apresentado com enunciado curto, o solucionador se beneficia de contar com mais capacidade de

armazenamento e processamento disponível, o que afeta o tempo utilizado e escore alcançado.

Além disso, solucionadores *experts* podem ser beneficiados pela apresentação de enunciados curtos, uma vez que sua categorização do problema é feita com base em princípios da Física, o que ocorre durante a leitura/estudo do enunciado. Eles também se apoiam mais no próprio esquema de conhecimento do que em aspectos superficiais do enunciado. Já novatos são prejudicados por enunciados longos uma vez que, ao contrário de *experts*, focam sua atenção na estrutura superficial do enunciado. Ao proceder dessa maneira, novatos tendem a armazenar mais informação na memória de trabalho do que o necessário, sobrecarregando-a, o que pode levá-los a cometer mais erros. Além dos erros cometidos, tal procedimento pode requerer mais tempo na resolução, uma vez que há mais dados a serem processados e mais itens distratores a serem mantidos afastados.

A verificação proposta foi executada em relação às mesmas variáveis observadas no Experimento 1, isto é, a extensão do enunciado e o nível de *expertise* do solucionador – variáveis independentes – e tempo utilizado e escore alcançado – variáveis dependentes. Conforme já discutido, acredita-se que essa investigação é necessária, uma vez as condições no primeiro experimento não permitiram avaliar se a disponibilidade do enunciado para consulta durante o processo influencia o desempenho em termos de tempo utilizado na resolução e escore alcançado. A seguir, é apresentado o método adotado na verificação das hipóteses descritas anteriormente.

Método

Participantes

A caracterização da variável nível de *expertise* – novatos e *expert* – seguiu a mesma adotada no Experimento 1. Participaram da pesquisa, voluntariamente, 61 indivíduos, tendo sido desconsiderados três, os dados de dois participantes novatos e de um participante *expert*. Tais dados foram descartados porque os respectivos

participantes desistiram da resolução de um dos problemas, tendo eles comunicado a desistência durante a resolução.

Portanto, após computados os quatro casos descritos no parágrafo anterior, restaram 58 indivíduos, sendo 17 do gênero feminino e 41 do gênero masculino, categorizados em dois grupos – novatos e *experts*. O primeiro, o grupo dos novatos, foi composto por 27 alunos de curso pré-vestibular, com idade entre 18 e 21 anos, candidatos a vagas em cursos universitários das ciências exatas e ciência da saúde. Todos eram estudantes de cursos preparatórios para o vestibular ministrados por estabelecimentos particulares localizados no Distrito Federal. Todos os participantes já haviam tentado a aprovação no vestibular entre 1 e 10 vezes (contagem por semestre).

O segundo grupo, os *experts*, foi composto de 31 professores de Física do ensino médio, de escolas públicas e particulares de vários estados brasileiros²⁹, com idade entre 23 e 61 anos. Ainda em relação a esse grupo é relevante destacar que o tempo de experiência como professor variou entre 1 e 27³⁰ anos dedicados ao ensino de Física. Além disso, todos os participantes informaram estar lecionando ou ter lecionado o conteúdo de Mecânica Clássica entre 2012 e 2013.

Materials

No Experimento 2 foram utilizados os mesmos problemas de Física utilizados no Experimento 1. A única diferença é que os problemas foram apresentados numa folha (folha A4), contendo o enunciado, do mesmo modo como ocorreu no Experimento 1, porém a resolução foi executada em outra folha, cujo modelo consta do **Apêndice F**. Cada participante teve disponível também calculadora, caneta, lápis e borracha que foram utilizados na realização da tarefa.

Delineamento

²⁹ Tal como no pré-estudo, a coleta de dados para o Experimento 2 junto aos participantes *experts* ocorreu entre 21 e 25 de janeiro de 2013, durante o XX Simpósio Nacional do Ensino de Física, realizado no Instituto de Física da Universidade de São Paulo.

³⁰ O amplo espectro entre os tempos mínimo e máximo de experiência dos participantes *experts* é analisado por meio de correlação entre o escore alcançado e os anos de experiência no item 5.2.1

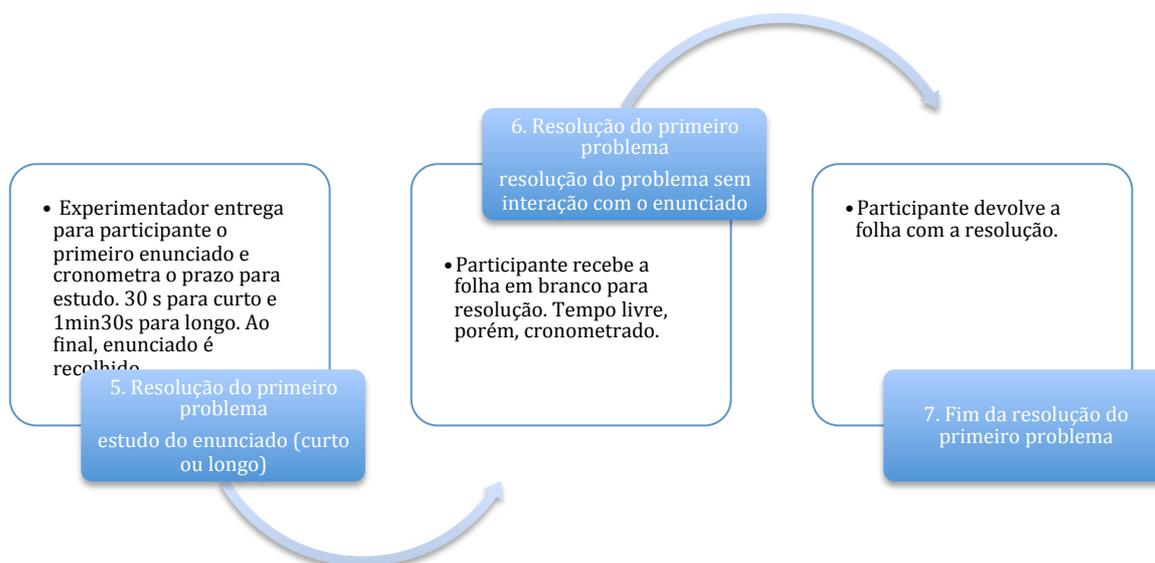
O delineamento desse estudo é idêntico ao do Experimento 1.

Procedimento de coleta de dados

O procedimento de coleta de dados do Experimento 2 foi similar ao do Experimento 1, diferindo apenas na tarefa de resolução de problemas propriamente dita. Assim, não se repete aqui a descrição das etapas 1 a 4 (**Ilustração 5**). A **Ilustração 8** descreve o procedimento de coleta de dados a partir da resolução do primeiro problema. A coleta de dados foi realizada individualmente, em sala utilizada unicamente para esse fim naquele momento, tendo sido escolhida sala mais afastada e/ou longe do barulho normalmente presente nas escolas. Durante a coleta não houve interferência de terceiros. O horário de realização do procedimento foi durante o horário comercial e de funcionamento das instituições colaboradoras do estudo.

Os participantes foram orientados a estudar o enunciado durante o tempo previsto para essa etapa – i.e., 30 segundos para enunciado curto e 1 minuto e 30 segundos para enunciado longo. Também foi explicado que após esse prazo o enunciado seria retirado e entregue folha em branco na qual deveria resolver o problema. Os participantes foram orientados também de que não era permitido fazer relação de dados extraídos do enunciado ou representações externas do problema nas folhas de resposta, sendo essas destinadas apenas à resolução dos problemas.

O material (problema) foi apresentado em duas folhas A4, uma para cada problema, tendo este sido impresso em fonte arial, tamanho 12. A folha de resposta diferiu da folha para estudo apenas por não conter o enunciado, conforme se pode conferir no **Apêndice F**. O participante teve à sua disposição durante todo o processo caneta esferográfica, lápis, borracha e calculadora. O material foi recolhido após o final da tarefa.



Continuação do procedimento:

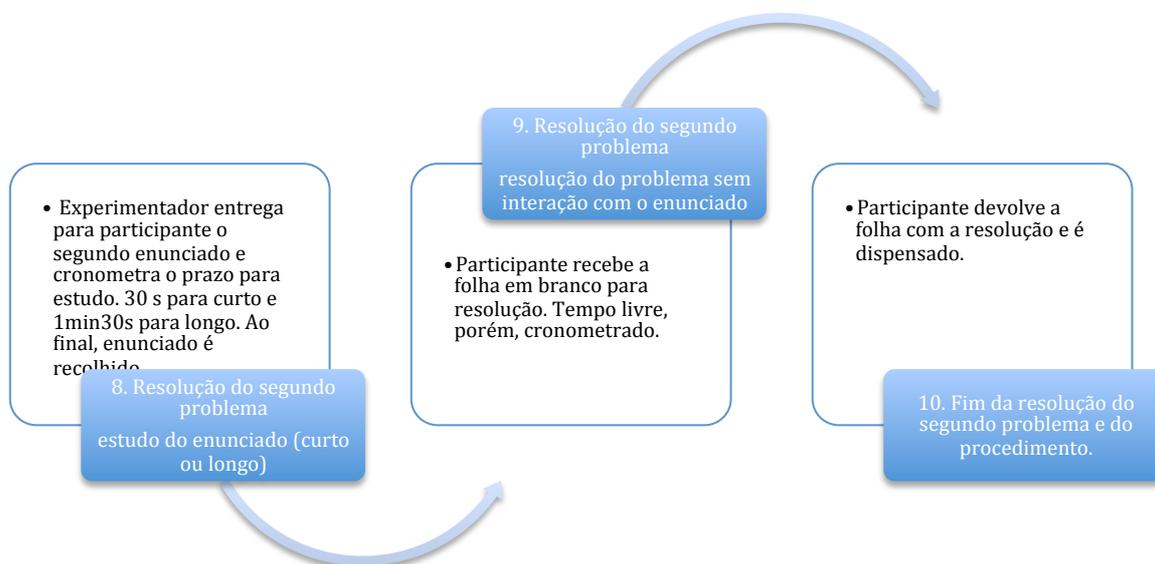


Ilustração 8 - Etapas do procedimento para coleta de dados no Experimento 2.

Procedimento de análise dos dados coletados

Embora o tempo para a resolução dos problemas fosse livre, considerou-se, para fins de análise dos efeitos principal e de interação, somente o tempo utilizado na efetiva resolução dos problemas (etapas 6 e 9 da **Ilustração 8**) durante a resolução de cada um dos problemas. No entanto, quando da comparação do tempo utilizado na resolução dos problemas nos Experimentos 1 e 2, adicionou-se ao tempo utilizado na resolução também o tempo de estudo. A **Ilustração 9** traz a representação da explicação supramencionada. O tempo utilizado levado em consideração foi o apresentado no *display* do cronômetro, calculado desde o início do processo de resolução de cada um dos problemas (0:00) até o momento final destes, evidenciado em minutos e segundos, conforme esquematizado a seguir:

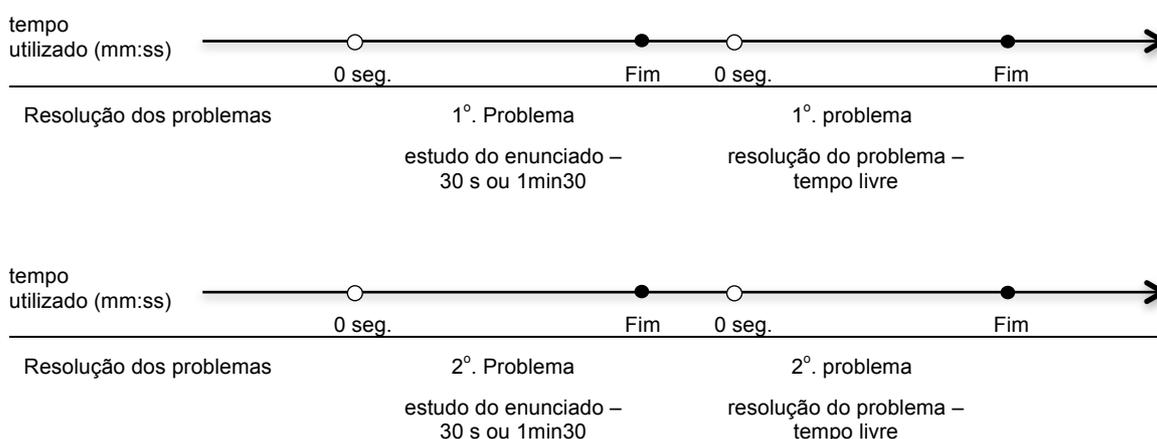


Ilustração 9 - Representação do método de mensuração do tempo utilizado na resolução dos problemas no Experimento 2.

O escore alcançado, por sua vez, foi atribuído conforme já descrito no Experimento 1 e resumido no **Quadro 3**.

Os dados coletados referentes ao tempo utilizado e ao escore alcançado foram tabulados e analisados com auxílio do *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS). Foram conduzidos testes t relacionados e independentes e Análise de Variância (ANOVA), considerando-se que esses se mostraram testes paramétricos mais apropriados para as verificações em questão. A análise dos dados e respectiva discussão são objetos do próximo capítulo.

CAPÍTULO V

ANÁLISE DOS DADOS

*You can't always get what you want
But if you try sometimes,
You just might find you get what you need!
(The Rolling Stones)*

No presente capítulo são analisados os dados coletados e discutidos os resultados obtidos à luz da literatura e por meio de comparações entre eles. Tanto a análise quanto a discussão estão estruturadas com base nos objetivos específicos propostos para o estudo e, portanto, nos conceitos que integram o modelo conceitual. Nesse sentido, são descritos e discutidos os efeitos principais das variáveis independentes, nomeadamente nível de *expertise* e extensão do enunciado, sobre as variáveis dependentes, quais sejam, tempo utilizado e escore alcançado. Também é descrito e discutido o cruzamento entre as variáveis independentes, isto é, o efeito de interação do nível de *expertise* com a extensão do enunciado. No Experimento 1 são analisados os dados observados na presença da interação do solucionador com o enunciado. No Experimento 2, os dados observados na ausência da interação do solucionador com o enunciado. Todos os itens iniciam-se pela análise do tempo utilizado seguido do escore alcançado. Todas as análises foram realizadas utilizando-se o SPSS, via condução de ANOVA fatorial mista.

5.1 Experimento 1 – a presença da interação do solucionador com o enunciado

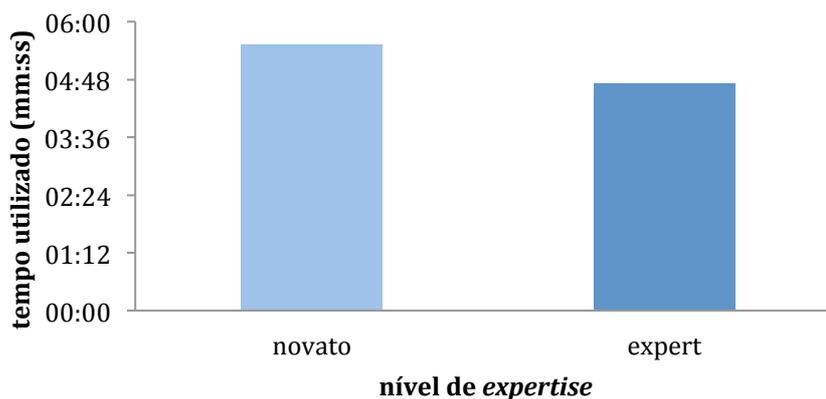
5.1.1 Análise dos dados

Efeito principal do nível de expertise

O **GRÁFICO 1** apresenta as médias verificadas quanto ao tempo utilizado em relação ao nível de *expertise*, sem considerar a extensão do enunciado. Conforme demonstrado no gráfico, novatos (M = 05:31, EP = 00:21) utilizaram mais tempo do que *experts* (M = 04:44, EP = 00:20). ANOVA fatorial mista evidencia que essa

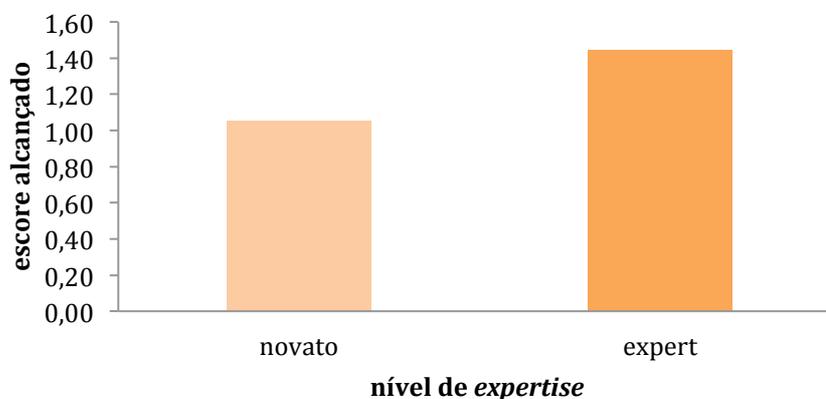
diferença não é significativa – $F(1, 46) = 1,89$, $p = 0,088$ (*two-tailed* $p = 0,176$). Assim, embora a predição inicial era que novatos utilizariam mais tempo que experts, a hipótese não foi confirmada, uma vez que a diferença entre os dois grupos não foi significativa.

GRÁFICO 1 – Efeito principal do nível de *expertise* sobre o tempo utilizado no Experimento 1



No **GRÁFICO 2** estão evidenciadas as médias dos escores alcançados tanto para novatos quanto para *experts*. Em média, o escore alcançado pelos *experts* ($M = 1,44$, $EP = 0,09$) foi maior do que pelos novatos ($M = 1,04$, $EP = 0,11$). A diferença entre médias é significativa – $F(1, 46) = 7,447$, $p = 0,0045$ (*two-tailed* $p = 0,009$). Os dados confirmam a hipótese assumida para o experimento no que se refere ao escore alcançado em face do nível de *expertise*.

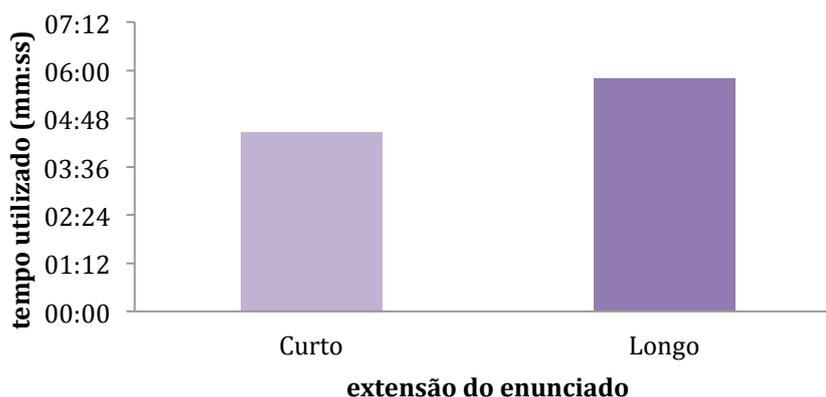
GRÁFICO 2 – Efeito principal do nível de *expertise* sobre o escore alcançado no Experimento 1



Efeito principal da extensão do enunciado

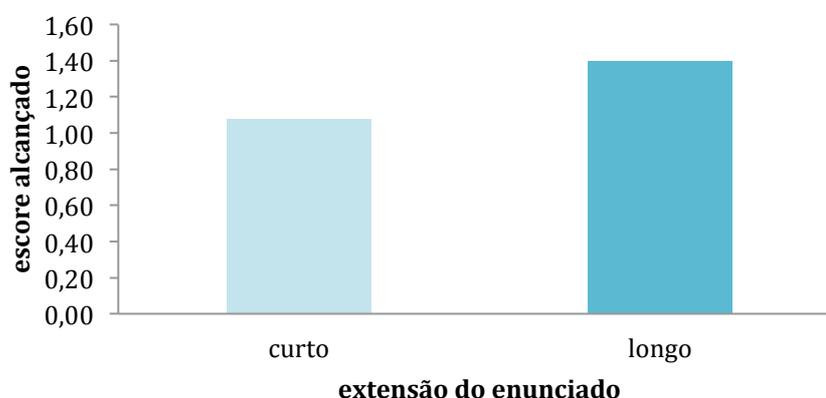
O **GRÁFICO 3** apresenta as médias de tempo utilizado no processo de resolução de problemas com enunciados curtos e longos, independentemente do nível de *expertise*. Conforme se observa, problemas com enunciados longos (M = 05:47, EP = 00:23) demandaram, em média, mais tempo para serem resolvidos do que problemas com enunciados curtos (M = 04:28, EP = 00:16). ANOVA fatorial mista revela que a diferença observada é significativa – $F(1, 46) = 15,61$, $p = 0,000$. Os dados sugerem que a diferença entre as duas médias são significativas, permitindo inferir que a maior extensão do enunciado demanda mais tempo na resolução. Tais resultados confirmam a hipótese principal do efeito da extensão do enunciado sobre o tempo utilizado.

GRÁFICO 3 – Efeito principal da extensão do enunciado sobre o tempo utilizado no Experimento 1



No **GRÁFICO 4** são apresentados os escores alcançados na resolução dos problemas com ambas as extensões de enunciado, sem considerar o nível de *expertise* do solucionador. Os dados demonstram que o escore alcançado na resolução de problemas com enunciados longos foi, em média, maior (M = 1,40, EP = 0,98) do que o obtido com na resolução dos problemas com enunciados curtos (M = 1,08, EP = 0,11). ANOVA fatorial mista evidencia que a diferença é significativa – $F(1, 46) = 4,48$, $p = 0,04$. Tais dados refutam a hipótese do estudo no que diz respeito ao escore alcançado.

GRÁFICO 4 – Efeito principal da extensão do enunciado sobre o escore alcançado no Experimento 1

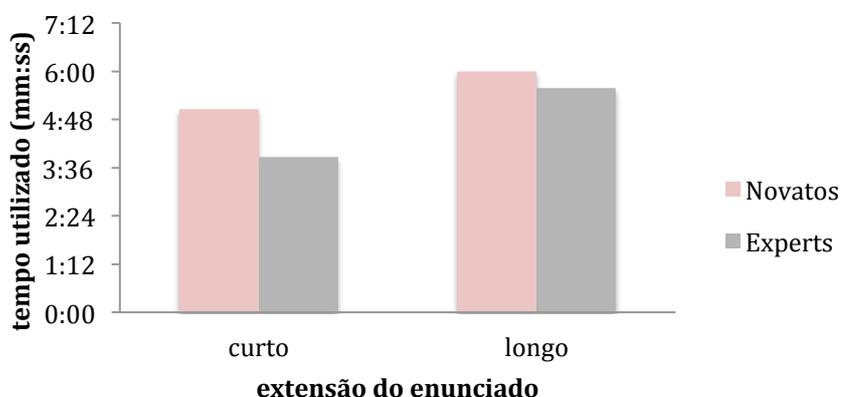


Efeito da interação do nível de expertise com a extensão do enunciado

A análise da interação do nível de *expertise* com a extensão do enunciado sobre o tempo utilizado e o escore alcançado no Experimento 1 resulta da condução de ANOVA fatorial mista (dentre e entre sujeitos). Adicionalmente, foram realizados testes *t* relacionado e independente para a comparação das médias observadas.

A verificação da interação do nível de *expertise* com a extensão do enunciado sobre o tempo utilizado na resolução dos problemas revelou-se não significativa, conforme demonstra a ANOVA mista (dentre e entre sujeitos) – $F(1, 46) = 1,27$, $p = 0,26$.

GRÁFICO 5 – Interação do nível de *expertise* com a extensão do enunciado sobre o tempo utilizado no Experimento 1



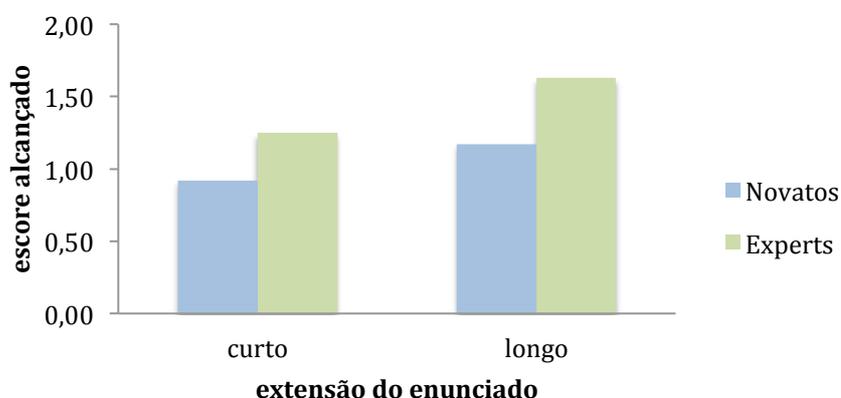
A hipótese estabelecida sustentava que a menor média seria evidenciada por *experts* na resolução de problemas com enunciados curtos e a maior média por *novatos* na resolução de problemas com enunciados longos. Os dados confirmam a

hipótese, visto que *experts* apresentaram, de fato, a menor média na resolução de problemas curtos ($M_{\text{experts} \times \text{curtos}} = 03:52$) e novatos a maior média na resolução de problemas longos ($M_{\text{novatos} \times \text{longo}} = 06:00$). No entanto, não foi verificada interação. Por sua vez, o teste t independente revelou que a diferença entre essas médias é significativa – $t(2, 46) = 3,37$, $p = 0,001$ (*two-tailed* $p = 0,002$).

Adicionalmente, verificou-se que as maiores médias ($M_{\text{novatos}} = 06:00$, DP = 02:43 e $M_{\text{experts}} = 05:35$, DP = 02:45) foram observadas na resolução de problemas com enunciados longos e as menores para os problemas com enunciados curtos ($M_{\text{novatos}} = 05:03$, DP = 02:05 e $M_{\text{experts}} = 03:52$, DP = 01:26).

No que diz respeito à interação do nível de *expertise* com a extensão do enunciado sobre o escore alcançado na resolução dos problemas, a ANOVA fatorial mista (dentro e entre sujeitos) revela que essa não é significativa – $F(1, 46) = 0,179$, $p = 0,67$.

GRÁFICO 6 – Interação do nível de *expertise* com a extensão do enunciado sobre o escore alcançado no Experimento 1



A hipótese estabelecida sustentava que a menor média seria evidenciada por novatos na resolução de problemas com enunciados longos e a maior média por *experts* na resolução de problemas com enunciados curtos. Os dados refutam essa expectativa, visto que, embora novatos tenham evidenciado a menor média, esta refere-se aos problemas com enunciados curtos ($M_{\text{novatos} \times \text{curto}} = 0,92$). Por outro lado, a maior média do escore alcançado foi apresentada por *experts* porém na resolução de problemas com enunciado longos ($M_{\text{experts} \times \text{longos}} = 1,63$). Teste t independente demonstra que a diferença entre essas médias é significativa – $t(2, 46) = -3,59$, $p = 0,0005$ (*two-tailed* $p = 0,001$).

Os dados demonstraram também que *experts* obtiveram a maior média do conjunto de dados, quando da resolução de problemas com enunciados longos ($M_{experts} = 1,63$, $DP = 0,49$), ao passo que a menor média foi observada para novatos na resolução de problemas com enunciados curtos ($M_{novatos} = 0,92$, $DP = 0,83$).

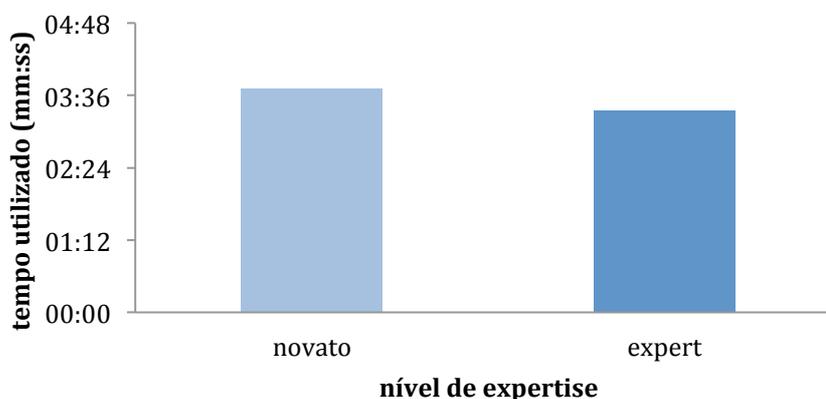
5.2 Experimento 2 – a ausência da interação do solucionador com o enunciado

5.2.1 Análise dos dados

Efeito principal do nível de expertise

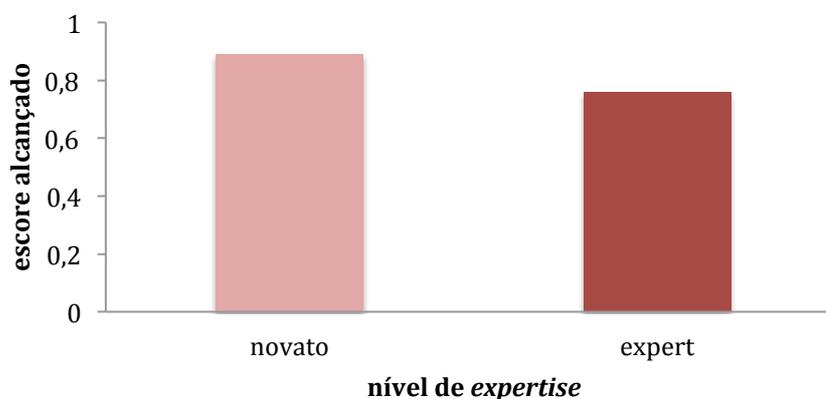
No **GRÁFICO 7** são apresentadas as médias de tempo utilizado na resolução dos problemas em relação ao nível de *expertise*, independentemente da extensão do enunciado. Os dados demonstram que o tempo utilizado foi maior para novatos ($M = 03:43$, $DP = 01:49$) do que para *experts* ($M = 03:21$, $DP = 02:07$). De acordo com ANOVA fatorial mista essa diferença não é significativa $F(1, 56) = 0,868$, $p = 0,177$ (*two-tailed* $p = 0,355$).

GRÁFICO 7 – Efeito principal do nível de *expertise* sobre o tempo utilizado no Experimento 2



O **GRÁFICO 8** apresenta as médias do escore alcançado por novatos e *experts*, independentemente da extensão do problema. *Experts* ($M = 0,76$, $DP = 0,82$) obtiveram escore menor do que novatos ($M = 0,89$, $DP = 0,81$). No entanto, ANOVA fatorial mista demonstrou que essa diferença não é significativa $F(1, 56) = 0,706$, $p = 0,202$ (*two-tailed* $p = 0,404$).

GRÁFICO 8 – Efeito principal do nível de *expertise* sobre o escore alcançado no Experimento 2

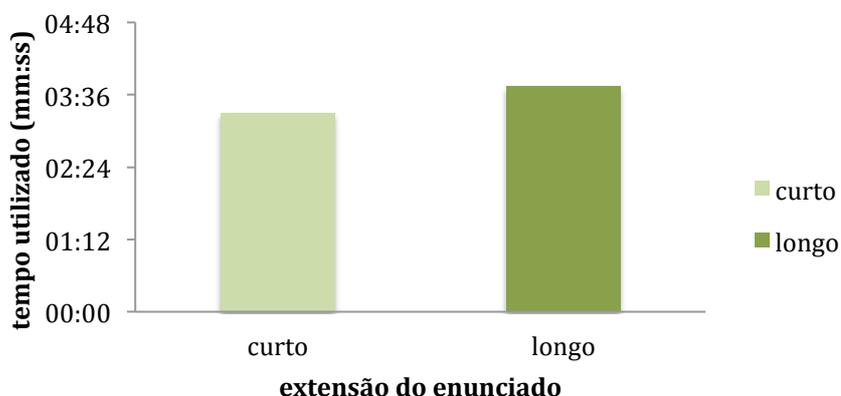


Diante desse panorama, os dados não confirmam as hipóteses levantadas, uma vez que as diferenças observadas entre as médias de novatos e *experts*, para as medidas de tempo utilizado e de escore alcançado, não são significativas.

Efeito principal da extensão do enunciado

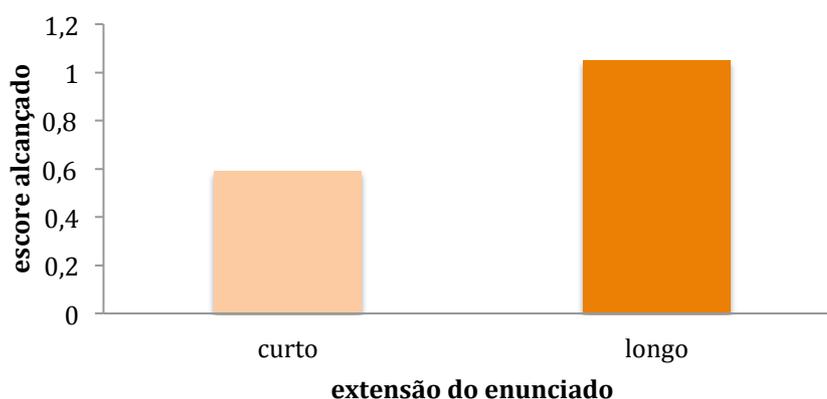
O **GRÁFICO 9** apresenta as médias para o tempo utilizado em relação à extensão do enunciado em seus dois níveis – curto e longo –, independentemente do nível de *expertise*. Os dados demonstram que a média do tempo utilizado na resolução de problemas curtos ($M = 03:18$, $DP = 01:53$) foi menor do que na resolução dos problemas longos ($M = 03:45$, $DP = 02:05$). ANOVA fatorial mista demonstrou que a diferença entre as médias não foi significativa $F(1, 56) = 1,77$, $p = 0,094$ (*two-tailed* $p = 0,188$). Esses resultados confirmam a hipótese levantada para o experimento.

GRÁFICO 9 – Efeito principal da extensão do enunciado sobre o tempo utilizado no Experimento 2



O **GRÁFICO 10** apresenta as médias dos escores alcançados para os dois níveis de extensão do problema, independentemente do nível de *expertise*. Os resultados demonstram médias menores ($M = 0,59$, $DP = 0,75$) para os problemas curtos e maiores para os problemas longos ($M = 1,05$, $DP = 0,82$). Conforme resultados de ANOVA fatorial mista, a diferença entre médias é significativa $F(1, 56) = 11,77$, $p < 0,001$ (*two-tailed* $p = 0,001$). Os resultados refutam a hipótese proposta, uma vez que se estimou que a média dos escores para os problemas longos seria menor do que a média evidenciada nos problemas curtos.

GRÁFICO 10 – Efeito principal da extensão do enunciado sobre o escore alcançado no Experimento 2



Efeito da interação entre o nível de expertise e a extensão do enunciado

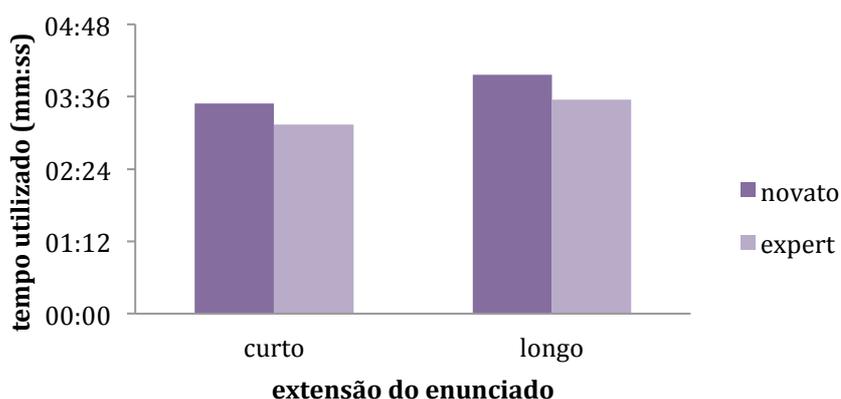
A análise da interação do nível de *expertise* com a extensão do enunciado sobre o tempo utilizado e o escore alcançado no Experimento 2 foi realizada por

meio da aplicação de ANOVA mista (dentre e entre sujeitos). Adicionalmente, as médias observadas foram comparadas por meio da utilização de testes t relacionado e independente. Os resultados obtidos são descritos a seguir.

A verificação da interação do nível de *expertise* com a extensão do enunciado sobre o tempo utilizado na resolução dos problemas foi realizada com a condução de ANOVA fatorial mista, a qual revelou que a interação não é significativa – $F(2, 56) = 0,016$, $p = 0,449$ (*two-tailed* $p = 0,899$).

No que se refere ao tempo utilizado, a hipótese estabelecida sustentava que a menor média seria evidenciada por *experts* na resolução de problemas com enunciados curtos e a maior média por novatos na resolução de problemas com enunciados longos. Os dados confirmam essa expectativa, visto que *experts* apresentaram, de fato, a menor média ($M_{\text{experts} \times \text{curto}} = 03:08$) e novatos evidenciaram a maior média ($M_{\text{novatos} \times \text{longo}} = 03:58$), conforme se pode observar do **GRÁFICO 11**. Diante desses resultados, realizou-se teste t independente para sondar se a diferença entre as médias seria estatisticamente significativa. Os resultados revelam que a diferença não é significativa – $t(54) = 1,42$, $p = 0,079$ (*two-tailed* $p = 0,159$).

GRÁFICO 11 – Interação do nível de *expertise* com a extensão do enunciado sobre o tempo utilizado no Experimento 2

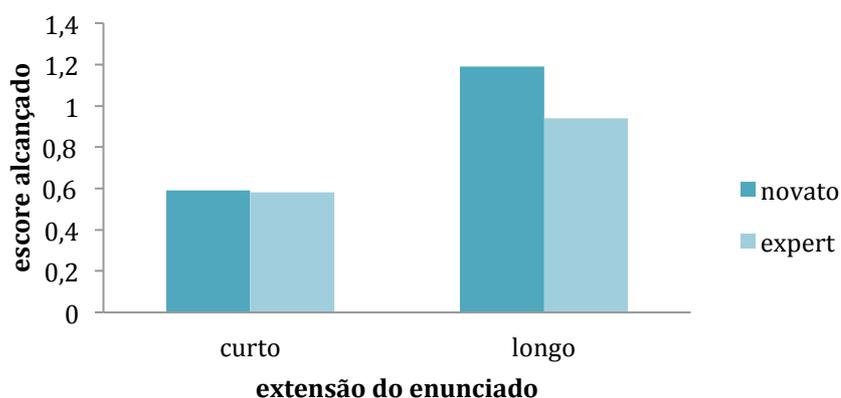


Observa-se ainda que as maiores médias ($M_{\text{novatos}} = 03:58$, $DP = 02:10$ e $M_{\text{experts}} = 03:33$, $DP = 02:02$) foram evidenciadas na resolução de problemas com enunciados longos e as menores de problemas com enunciados curtos ($M_{\text{novatos}} = 03:29$, $DP = 01:25$ e $M_{\text{experts}} = 03:08$, $DP = 02:13$).

Quanto ao escore alcançado, a interação entre as variáveis foi analisada por meio de ANOVA fatorial mista, a qual revelou que a interação não é significativa – $F(1, 56) = 0,741$, $p = 0,196$ (*two-tailed* $p = 0,393$).

A hipótese de interação trazia a expectativa de que a menor média seria apresentada para novatos na resolução de problemas com enunciados longos e a maior para *experts* na resolução de problemas com enunciados curtos. No entanto, os dados encontrados, tal como se observa no **GRÁFICO 12**, foram opostos a expectativa, uma vez que a menor média foi observada para *experts* na resolução de problemas com enunciados curtos ($M_{\text{experts} \times \text{curto}} = 0,58$) e a maior para novatos na resolução de problemas com enunciados longos ($M_{\text{novatos} \times \text{longo}} = 1,19$). A diferença entre essas médias se revelou significativa – $t(1, 56) = 2,96$, $p = 0,002$ (*two-tailed* = 004).

GRÁFICO 12 – Interação do nível de *expertise* com a extensão do enunciado sobre o escore alcançado no Experimento 2



Conforme se pode notar, os maiores escores foram observados na resolução de problemas apresentados com enunciados longos ($M_{\text{novatos}} = 1,19$, $DP = 0,78$ e $M_{\text{experts}} = 0,94$, $DP = 0,85$) e os menores na resolução do problemas com enunciados curtos ($M_{\text{novatos}} = 0,59$, $DP = 0,74$ e $M_{\text{experts}} = 0,58$, $DP = 0,76$).

Embora a hipótese proposta em relação ao escore alcançado não encontre apoio nos achados, esses trazem interessantes resultados avaliados com a realização de análise de correlação. O objetivo dessa análise complementar foi o de verificar se a idade e os anos de experiência dos participantes *experts* poderiam fornecer alguma indicação de explicação para os achados.

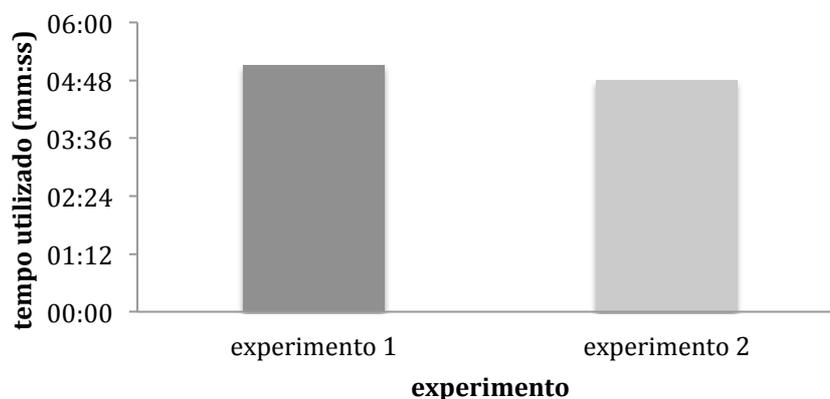
Assim, análise de correlação bivariada entre a idade do participante *expert* e o escore alcançado, adotando-se o coeficiente τ (tau de Kendall)³¹, demonstrou correlação positiva entre o grupo de *experts* e o escore alcançado nos problemas com enunciados curtos, $\tau = 0,79$, porém essa correlação não é significativa, $p = 0,300$. No que se refere ao tempo de experiência dos *experts* e o escore alcançado, também se observou correlação positiva, $\tau = 0,114$, não significativa, $p = 0,219$. Adicionalmente, os dados evidenciaram correlação negativa entre o grupo de *experts* e o escore alcançado nos problemas com enunciados curtos, $\tau = - 0,157$, porém essa correlação não é significativa, $p = 0,146$. No que se refere ao tempo de experiência dos *experts* e o escore alcançado, também se observou correlação positiva, $\tau = 0,048$, não significativa, $p = 0,372$.

5.3 Comparando as médias do Experimento 1 com as do Experimento 2 – presença e ausência da interação do solucionador com o enunciado

Com o intuito de aprofundar as discussões dos resultados dos Experimentos 1 e 2, foram realizadas, subsidiariamente, comparações entre os dados dos dois experimentos, as quais são apresentadas a seguir. Porém, antes de proceder a análise propriamente dita, é necessário considerar o tempo utilizado na resolução dos problemas no Experimento 2 adicionado do tempo concedido na tarefa de estudo dos enunciados. O **GRÁFICO 13** apresenta as médias de tempo utilizado na resolução de problemas em ambos os experimentos, levando em consideração o ajuste do tempo. Isto é, o tempo utilizado no Experimento 2 é o resultado da soma do tempo utilizado na tarefa de estudo do enunciado (30 seg. para enunciados curtos e 1 min. e 30 seg. para enunciados longos) e o tempo utilizado na resolução dos problemas propriamente dita (tempo livre). Em média, os participantes utilizaram mais tempo no Experimento 1 ($M = 05:07$, $DP = 02:25$) do que no Experimento 2 ($M = 04:48$, $DP = 02:06$). A diferença entre o tempo utilizado nos Experimentos 1 e 2 não é significativa – $t(210) = 1,94$, $p = 0,053$.

³¹ Entre as possibilidade de coeficientes de relação – Pearson, Spearman e tau de Kendall – o último se mostra o mais adequado uma vez que é indicado para estudos que, assim como o presente estudo, apresentam pequeno espectro de dados com grande número de postos empatados.

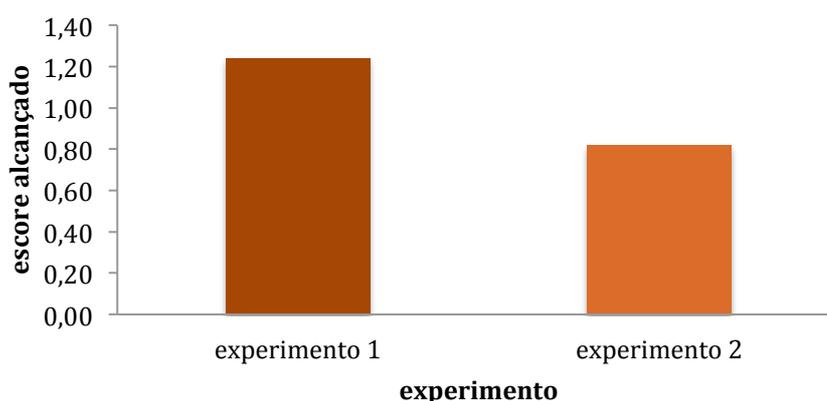
GRÁFICO 13 – Comparação entre os resultados do tempo utilizado nos Experimentos 1 e 2.



* Após acrescentados 30 s na média do enunciado curto e 1 min 30 s na média do enunciado longo nos resultados originais do Experimento 2.

Em relação ao escore alcançado em ambos os experimentos, independentemente do nível de *expertise* e da extensão do enunciado, os dados no **GRÁFICO 14** demonstram que no Experimento 1 os participantes atingiram maior média ($M = 1,24$, $DP = 0,75$) do que no Experimento 2 ($M = 0,82$, $DP = 0,82$). O teste t independente revelou também que essa diferença é significativa – $t(210) = 3,864$, $p < 0,000$.

GRÁFICO 14 – Comparação entre os resultados do escore alcançado nos Experimentos 1 e 2.

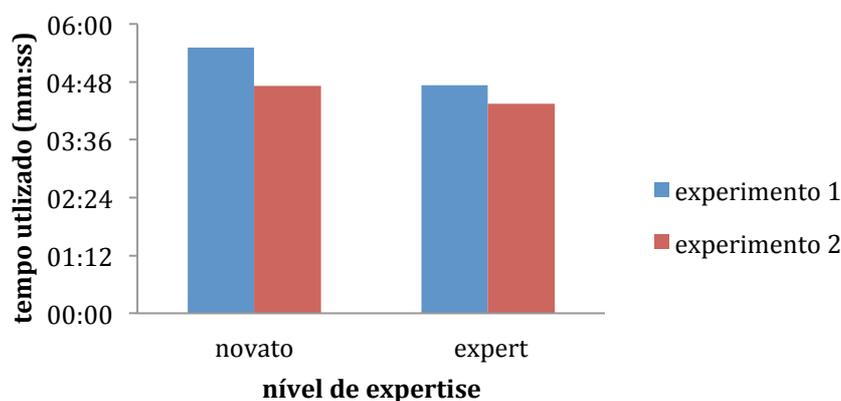


Efeito principal do nível de expertise – diferença entre experimentos

Os dados analisados aqui são considerados conforme anteriormente explicado, i.e., com o necessário ajuste no tempo utilizado na resolução de

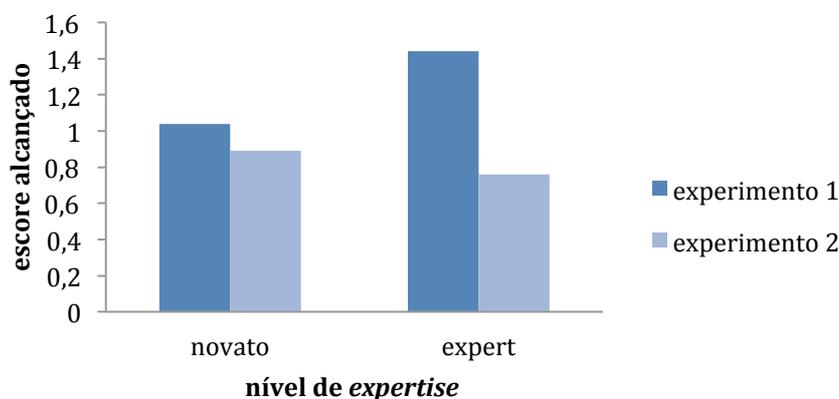
problemas no Experimento 2. O **GRÁFICO 15** apresenta as médias para ambos os grupos nos dois experimentos e sem considerar a extensão do enunciado. As maiores médias foram para o tempo utilizado no Experimento 1 ($M_{\text{novato1}} = 05:31$, $DP = 02:27$ e $M_{\text{expert1}} = 04:44$, $DP = 02:20$) do que para o tempo utilizado no Experimento 2 ($M_{\text{novato2}} = 04:43$, $DP = 01:57$ e $M_{\text{expert2}} = 04:21$, $DP = 02:14$). Verifica-se que a diferença entre as médias dos novatos em ambos os estudos não é significativa – $t(1, 100) = 1,83$, $p = 0,07$. Por outro lado, *experts* não apresentaram diferença significativa entre as médias de tempo utilizado em ambos os experimentos – $t(1, 110) = 0,870$, $p = 0,386$.

GRÁFICO 15 – Comparação entre os resultados do efeito principal do nível de *expertise* sobre o tempo utilizado nos Experimentos 1 e 2.



O **GRÁFICO 16** apresenta as médias dos escores alcançados em ambos os experimentos para os dois grupos de nível de *expertise*, desconsiderando-se a extensão do enunciado. Os dados demonstram que em média os escores foram maiores no Experimento 1 para ambos os grupos ($M_{\text{novato1}} = 1,04$, $DP = 0,79$ e $M_{\text{expert1}} = 1,44$, $DP = 0,64$) do que no Experimento 2 ($M_{\text{novato2}} = 0,89$, $DP = 0,81$ e $M_{\text{expert2}} = 0,76$, $DP = 0,82$). Além disso, enquanto a diferença entre os escores dos novatos nos dois experimentos não é significativa – $t(1, 100) = 0,953$, $p = 0,343$, a diferença entre médias dos *experts* em ambos experimentos é significativa – $t(1, 108) = 4,695$, $p < 0,000$.

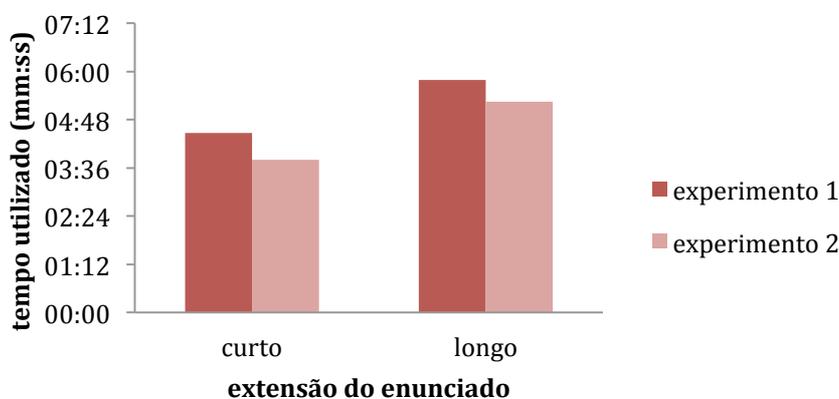
GRÁFICO 16 – Comparação entre os resultados do efeito principal do nível de *expertise* sobre o escore alcançado nos Experimentos 1 e 2.



Efeito principal da extensão do enunciado – diferença entre experimentos

O **GRÁFICO 17** apresenta as médias para tempo utilizado em ambos os experimentos, com os devidos ajustes de tempo. No Experimento 1 as médias de tempo utilizado foram maiores ($M_{\text{curto1}} = 04:28$, $DP = 01:52$ e $M_{\text{longo1}} = 05:47$, $DP = 02:43$) do que as médias no Experimento 2 ($M_{\text{curto2}} = 03:48$, $DP = 01:53$ e $M_{\text{longo2}} = 05:15$, $DP = 02:05$). A diferença das médias para enunciados curtos em ambos os experimentos não é significativa – $t(1, 104) = 1,808$, $p = 0,073$. Porém, a diferença não é significativa na resolução de problemas com enunciados longos – $t(1, 104) = 1,165$, $p = 0,247$.

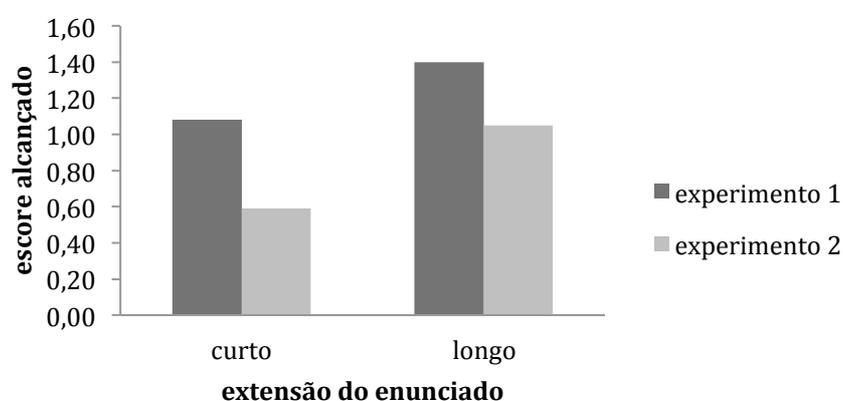
GRÁFICO 17 – Comparação entre os resultados do efeito principal da extensão do enunciado sobre o tempo utilizado nos Experimentos 1 e 2.



O **GRÁFICO 18** apresenta a comparação entre os escores alcançados em ambos os experimentos para cada extensão do enunciado e independentemente do

nível de *expertise*. Os dados evidenciam que, em média, os escores foram maiores no Experimento 1 ($M_{\text{curto1}} = 1,08$, $DP = 0,794$ e $M_{\text{longo1}} = 1,40$, $DP = 0,67$) do que no Experimento 2 ($M_{\text{curto2}} = 0,59$, $DP = 0,75$ e $M_{\text{longo2}} = 1,05$, $DP = 0,82$). Observa-se que a diferença entre as médias dos escores alcançados com o enunciado curto é significativa – $t(1, 104) = 3,307$, $p = 0,001$. No que tange à diferença em relação às médias para o enunciado longo nos dois experimentos, a diferença também é significativa – $t(1, 104) = 2,31$, $p = 0,023$.

GRÁFICO 18 – Comparação entre os resultados do efeito principal da extensão do enunciado sobre o escore alcançado nos Experimentos 1 e 2.



CAPÍTULO VI

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

*“Open up your mind and let me step inside
Rest your weary head and let your heart decide
It's so easy when you know the rules...”
(Queen)*

6.1 Discussão dos resultados do Experimento 1

A finalidade com a presente seção é discutir os resultados obtidos com o Experimento 1, qual seja, verificar se na presença da interação do solucionador com o enunciado, o nível de *expertise* e a extensão do enunciado influenciam o tempo utilizado e o escore alcançado na resolução de problemas. A discussão busca trazer explicações tendo, de um lado, os dados levantados e, de outro, as hipóteses assumidas para o experimento.

Inicialmente, é importante frisar que, na concepção de informação de Ingwersen (2002), dados somente se transformam em informação quando percebidos. Nesse sentido, a carga de dados, aqui representada pela extensão do enunciado, não implica, necessariamente, em carga de informação no nível cognitivo. A relação entre a carga de dados e a carga de informação irá depender do quanto do enunciado (dado) é percebido e processado, tornando-se informação. Portanto, não há que se falar em carga cognitiva em relação ao dado em si, mas em relação à informação extraída a partir do enunciado, além, obviamente, dos esquemas ativados por essa. Mais que isso, um enunciado longo não implica, necessariamente, em maior carga cognitiva, vice-versa no que diz respeito ao enunciado curto. No entanto, para guardar coerência com a literatura referenciada, os termos são utilizados de acordo com esta, ou seja, carga de informação para representar a quantidade de dados ofertados.

6.1.1 Efeito principal do nível de *expertise* sobre o tempo utilizado

A diferença entre as médias de tempo utilizado por novatos e *experts* não foi significativa. Embora os dados tenham sido observados em contexto e ambiente diferentes, os resultados são aderentes aos achados do estudo de Dillon e Schaap (1996). Nesse estudo, os pesquisadores não observaram diferença significativa nas médias do tempo utilizado por novatos e *experts*. No entanto, vale ressaltar que no estudo de Brand-Gruwel *et al.* (2005), *experts* despenderam mais tempo na realização da tarefa proposta do que novatos, embora a diferença apenas marginalmente tenha sido significativa. Porém, nesse estudo houve efeito teto, de modo que possivelmente a diferença observada pudesse ter sido maior e em favor dos *experts*. Além disso, os autores observam que *experts* utilizaram significativamente mais tempo do que novatos na etapa da tarefa é que, basicamente, de análise, ou seja, na definição do problema.

Contudo, o fato de *experts* terem utilizado menos tempo do que novatos, embora a diferença entre médias não seja significativa, pode ter explicação na noção de que *experts* são mais ágeis na categorização do problema, realizando-a com base em princípios ao invés de com base em componentes literais do enunciado, tal como Chi *et al.* (1982). Isto é, uma vez realizada a leitura do texto, *experts* identificam, mais rapidamente que novatos, a estrutura subjacente ao problema, categorizando-o corretamente e recuperando de suas memórias de longo prazo os procedimentos necessários para resolução.

6.1.2 Efeito principal do nível de *expertise* sobre o escore alcançado

Fundamenta-se a explicação a respeito do maior escore alcançado por *experts* em relação ao efeito principal do nível de *expertise* sobre o escore alcançado, independentemente da extensão do enunciado, na noção de que esquemas de conhecimento mais completos afetam a categorização do tipo do problema (CHI *et al.*, 1981; CHI *et al.*, 1982; MASON, SINGH, 2011). Portanto, uma vez que *experts* possuem esquemas de conhecimento mais completos, estão mais aptos a perceberem a estrutura e as relações subjacentes dos componentes do problema, não se prendendo a aspectos superficiais do enunciado. Consequentemente, *experts* apresentam vantagem na adoção de estratégias mais

adequadas na resolução do problema, o que reflete na acurácia das respostas oferecidas. Por outro lado, novatos se ressentem de possuírem esquemas incompletos, o que dificulta o reconhecimento da classe do problema, levando-os a utilizarem estratégias mais gerais na busca pela solução, o que pode levar a erros (CHI *et al.*, 1981).

Os resultados do estudo, embora verse sobre contexto e ambiente diferente, são também aderentes aos resultados da pesquisa de Dillon e Schaap (1996) no que se refere à acurácia na realização da tarefa de classificação trecho de artigo. Por outro lado, Neshet *et al.* (2003) relata que o desempenho de *experts* e novatos no que se refere à escolhas de estratégias de resolução de problemas de aritmética foi similar.

6.1.3 Efeito principal da extensão do enunciado sobre o tempo utilizado

Antes da discussão dos resultados relacionados ao efeito principal da extensão do enunciado sobre o tempo utilizado, é relevante destacar que as hipóteses relativas à extensão do enunciado foram baseadas em pesquisas nas quais a carga de informação é reflexo da variação da quantidade de dimensões ou da diversidade de dimensões do dado apresentado para decisão. Portanto, a quantidade de dimensões ou diversidade de dimensões tem a ver com a carga de informação ofertada no processo de decisão. Por sua vez, no presente estudo a carga de informação relaciona-se à extensão do enunciado, i.e., a quantidade de proposições com as quais o enunciado foi redigido, passíveis de serem percebidas e transformadas em informação para o solucionador do problema, conforme discutido anteriormente. De fato, verificou-se que, embora a noção de carga de informação aqui adotada seja diferente daquelas adotadas nos estudos mencionados, em relação ao tempo utilizado os achados do presente estudo refletem – frise-se – similaridade com os estudos nos quais as hipóteses foram baseadas, como em Iselin (1989). Isto é, os enunciados mais longos requereram mais tempo para a resolução do problema.

6.1.4 Efeito principal da extensão do enunciado sobre o escore alcançado

Em relação ao escore alcançado, a explicação para a diferença significativa entre as médias dos problemas com enunciados curtos e longos é que os últimos contribuíram para maior interação solucionador-enunciado. Essa explicação é corroborada também pelo resultado em relação ao tempo utilizado discutido anteriormente. Em suma, o enunciado longo resultou em melhor compreensão e maior acurácia na resposta, visto que, em média, apresentaram maior escore alcançado. Assim, acredita-se que os enunciados longo, ao contrário da expectativa estabelecida na hipótese do estudo, não impuseram maior carga cognitiva ao solucionador. Ao contrário, pode-se inferir que aqueles aliviaram a carga cognitiva uma vez que facilitaram a compreensão do problema ao trazerem, além dos dados indispensáveis às estratégias de resolução, contextualização e dicas que devem ter possibilitado melhor entendimento da questão. Dessa forma, os resultados são aderentes aos resultados de Culross e Davis (1973) em que a adição de informação relevante impactaram positivamente sobre o desempenho, ao passo que foram contrários aos resultado do estudo de Hwang e Lin (1999).

Estes achados oferecem, na verdade, contraponto ao que é proposto no modelo de Kintsch e Greeno (1985), os quais salientam que enunciados mais elaboradas, em oposição a enunciados mais curtos e com todo conteúdo relevante, produzem mais dificuldade no processo de resolução. Segundo os autores, isso ocorre porque requer eliminar, construir e generalizar, de modo a reduzir o texto a aspectos relevantes. Além disso, no modelo dos autores é indicado que pistas formais devem ser suprimidas, pelo menos até que novatos tenham o domínio de estratégias apropriadas a um contexto particular da resolução de problemas verbais. Kintsch (1988), no seu modelo Construção-Integração, ressalta que material irrelevante ou redundante pode tanto influenciar o nível de dificuldade na resolução de problema, quanto não surtir efeito algum. Pode, ainda, ser útil, caso colaborem na explicitação do problema, o que é reforçado no presente estudo. Mais que isso, os resultados são aderentes à ideia de *design* instrucional, aos quais se refere Jonassen (1997). O objetivo é justamente aliviar a carga cognitiva por meio de instruções dos procedimentos de resolução do problema.

6.1.5 Efeito de interação do nível de *expertise* com a extensão do enunciado sobre o tempo utilizado

A interpretação para a não verificação de interação entre o nível de *expertise* e a extensão do enunciado sobre o tempo utilizado é que novatos e *experts* se beneficiaram igualmente da possibilidade de interagir com o enunciado. Isto é, ambos os grupos devem ter se aproveitado das pistas apresentadas no enunciado longo para suprimir dúvidas e compreender melhor o problema. Isso, por sua vez, resultou na representação mais completa do problema e na menor exigência de sua memória de trabalho, conforme propõe o modelo de design instrucional de Jonassen (1997). Nesse sentido, a maior média de tempo utilizado por ambos os grupos na resolução de problemas com enunciados longos do que com enunciados curtos, oferece indicação de que eles podem ter interagido mais o enunciado longo. Ressalta-se que para ambos as extensões de enunciado a estratégia de resolução era a mesma.

Por outro lado, a explicação para as diferenças significativas entre as médias de novatos, resolvendo problemas longos, e *experts*, resolvendo problemas curtos, pode se relacionar com novatos se detendo mais tempo do que *experts* na interação com o enunciado, em busca de melhor compreensão das demandas do problema. Essa interpretação decorre de achados de estudos anteriores nos quais as evidências indicaram que novatos se detém mais em componentes literais do enunciado. É o que se observa, por exemplo, nos estudos de Chi *et al.* (1982), embora outros estudos (KOHL; FINKELSTEIN, 2008; MASON; SINGH, 2011) sugiram que o foco de novatos em aspectos superficiais não é maior do que o de *experts*.

6.1.6 Efeito de interação do nível de *expertise* com a extensão do enunciado sobre o escore alcançado

Embora não se tenha observado interação do nível de *expertise* com a extensão do enunciado é relevante fazer algumas observações quanto aos resultados dos testes de comparação entre médias entre grupos para ambas as extensões do enunciado. Assim, ressalta-se que a diferença significativa entre as médias do escore alcançado por *experts* na resolução dos problemas com

enunciados curtos e longo parece indicar maior 'sensibilidade' destes à variação da extensão do enunciado. Uma possível explicação pode estar no requerido conhecimento meta-cognitivo de *experts* para utilizar memória externa como meio de aliviar a carga cognitiva. É possível inferir que há paralelo entre a utilização, por *experts*, de diagramas na resolução de problemas e do enunciado, com intuito de reduzir a carga na memória de trabalho (HEGARTY; STEINHOFF, 1997). Nesse sentido, o enunciado assume papel de memória externa, embora requeira, para isso, conhecimento meta-cognitivo de que o enunciado pode ter essa função. Tal conhecimento fortalece a noção de necessidade de o solucionador interagir com o enunciado à medida em que avança no processo de resolução do problema. Mais que isso, o conhecimento meta-cognitivo pode ser estimulado no processo de aprendizagem mediante reforço de que o enunciado (texto) deve ser consultado a fim de buscar compreensão (ler, reler, entre outros).

6.1.7 Considerações adicionais sobre o Experimento 1

O maior tempo utilizado verificado na resolução de problemas com enunciados longos permite inferir que tal enunciado propiciou mais interação do solucionador com o enunciado. Consequentemente, tal interação melhorou o nível de compreensão do problema, refletindo no maior nível de acurácia (escore alcançado) verificado para esse tipo de extensão do enunciado. Visto que não houve limite de tempo durante o processo de resolução, isso pode ter propiciado aos solucionadores interagirem com o enunciado do problema, lendo e relendo quando e o quanto fosse necessário. Indicação da validade dessa suposição é que embora a estratégia de resolução fosse a mesma, o tempo utilizado na resolução de problemas com enunciados longos foi significativamente maior do que para os problemas com enunciados curtos.

Nesse contexto, defende-se também que o solucionador não somente interage com o enunciado na busca pela compreensão do problema, mas também como memória externa no qual 'deixa armazenados os dados' que seriam utilizados em diferentes momentos do processo de resolução. Ao agir assim, ele mitiga a carga de informação na memória de trabalho, o que reflete na acurácia da resposta. Em outras palavras, ao interagir com o enunciado o solucionador, além de fortalecer sua compreensão do problema, alivia a carga na memória de trabalho.

O papel da interação solucionador-enunciado será aprofundado na análise dos dados e discussão dos resultados do Experimento 2, em que se perseguem mais evidências de que a interação solucionador-enunciado é um dos aspectos do processo de resolução de problemas.

6.2 Discussão dos resultados do Experimento 2

O objetivo com o Experimento 2 foi verificar se na ausência de interação do solucionador com o enunciado, o nível de *expertise* e a extensão do enunciado influenciam o tempo utilizado e o escore alcançado na resolução de problemas. Na primeira parte da discussão, os resultados relacionados ao Experimento 2 são confrontados com as hipóteses de efeito principal e de interação propostas para este estudo. O conteúdo desta seção está estruturado com base na discussão da interação do solucionador com o enunciado sob a perspectiva dos efeitos do nível de *expertise* e da extensão do enunciado.

6.2.1 Ausência de interação do solucionador com o enunciado – efeito do nível de *expertise*

Para que se explique com clareza os achados do efeito principal do nível de *expertise* sobre o escore alcançado na ausência da interação do solucionador com o enunciado não se pode deixar de mencionar a noção de capacidade de processamento e armazenamento como mecanismos distintos da memória de trabalho, conforme postula Baddeley (2000; 2012). A análise dos resultados do efeito principal do nível de *expertise* sobre o tempo utilizado e o escore alcançado revelou que as diferenças entre médias de ambos os grupos, novatos e *experts*, não foram significativas. Tal resultado indica que, na ausência de interação do solucionador com o enunciado, a vantagem do esquema de conhecimento mais completo dos *experts* deixa de ser preponderante. Visto de outra perspectiva, a concomitante demanda por processamento, em vista da ativação de esquemas de conhecimento proporcionada pela categorização dos problemas pode ter comprometido a disponibilidade de capacidade de armazenamento necessária para os dados extraídos do enunciado.

Os resultados obtidos são condizentes com os resultados de Chase e Simon

(1973) visto que *experts* se sobressaem em memorizar itens somente quando a tarefa de memorização se apoia em esquemas, i.e., o modo de apresentação dos itens é organizado, refletindo algum esquema de conhecimento. No estudo em referência, ao se apresentar itens a serem memorizados (peças de xadrez organizadas aleatoriamente), a vantagem de *experts* sobre novatos desapareceu. Já no presente estudo, os participantes não dependeram apenas de esquemas de conhecimento para resolução do problema, mas também da memorização de dados aleatórios. Por essa razão, *experts* se ressentiram de não poder interagir com o enunciado, fazendo uso do enunciado como memória externa, equiparado seu desempenho ao dos novatos em termos de escore alcançado. Além disso, há que se observar que o ensino de Física tem sido marcado pelo estímulo à utilização de representação externa do problema (KOHL; FINKELSTEIN, 2008) por meio de esquemas, gráficos, relação de dados. Nessa perspectiva, parece ser válido inferir que o incentivo de tal prática por professores (no presente estudo, classificados como *experts*), fê-los sofrer tanto quanto novatos com a impossibilidade de interagir com o enunciado e de utilizar representações externas do problema.

Outra explicação também aderente aos achados de estudos que focam comportamento *expert* na resolução de problemas é que a vantagem obtida por novatos em face da ausência de interação com o enunciado pode estar relacionada à atenção que esses dão aos aspectos literais da estrutura do problema (CHI et. al., 1981). Consequentemente, são capazes de manter ativos os dados apresentados no enunciado, obtendo vantagem sobre *experts* nos escores alcançados, embora tal vantagem não seja significativa. Isso porque, como observam Chi *et al.* (1981), prepondera em *experts* a ênfase em aspectos profundos do problema, isto é, em princípios da Física. Em suma, embora os solucionadores *experts* tenham tido a vantagem dos esquemas de conhecimento mais completos, as médias de escores alcançados deles podem indicar que relegaram a um segundo plano os dados apresentados na superfície do problema. Esquemas de conhecimento mais completos possibilitaram a *experts* categorizar mais rapidamente o problema, o que refletiu na menor média de tempo utilizado em comparação aos novatos. Isso porque, embora tenham escolhido a estratégia mais adequada, parecem ter se equivocado quanto aos dados evidenciados no escore alcançado.

6.2.2 Ausência de interação do solucionador com o enunciado – efeito da extensão do enunciado

No que se refere ao efeito principal da extensão do enunciado na ausência da interação do solucionador com o enunciado, independentemente do nível de *expertise*, os resultados deste estudo contrariam achados como os de Cummins *et al.* (1988), enquanto reforçam modelos como os de Jonassen (1997). Em Cummins *et al.* (1988) a versão mais rica do problema não produziu melhor desempenho, em termos de acurácia na resposta, do que a versão ‘empobrecida’ do texto. No presente estudo, ao contrário, os resultados dos escores alcançados com a versão mais longa do problema indicaram que esta favoreceu o entendimento da questão para ambos os grupos. Isso ocorreu nos dois tipos de problema. Nesse sentido, parece que não somente o formato de apresentação (numérico, gráfico, diagrama, entre outros), mas a própria facilidade na representação do problema, decorrente de sua versão mais longa, implicou no melhor desempenho em termos de escore alcançado.

Os dados parecem se adequar ao modelo do *design* instrucional de Jonassen (1997). Isso porque as informações adicionais do enunciado mais longo podem ter funcionado como instruções, facilitando a representação mental e, conseqüentemente, a compreensão do problema. Em outras palavras, o conteúdo instrucional do enunciado longo pode ter minimizado a carga cognitiva e demandado menos da capacidade de processamento da memória de trabalho. Isto é, do componente executivo dessa, conforme modelo de memória de trabalho de Baddeley (2000, 2003 e 2012).

Além disso, não se trata somente dos dados trazidos pelo enunciado do problema. Conforme ensina Neshet *et al.* (2003), resolver problemas verbais significa ter que, a partir dos dados trazidos pelo enunciado, adicionar informações a partir da estrutura de conhecimento do solucionador. Nesse sentido, a tarefa dos solucionadores em face dos problemas com enunciados curtos pode ter implicado sobrecarga cognitiva. Isso porque, por um lado, eles tiveram que armazenar os dados relevantes para a resolução, demandando capacidade de armazenamento. Por outro, também tiveram que realizar busca por esquemas de conhecimento aderentes aos dados e adequados aos procedimentos de solução, demandando

capacidade de processamento. Como resultado dessa sobrecarga, o desempenho foi menor do que com os enunciados longos, em termos de escore alcançado.

De fato, diferentemente dos problemas com enunciados longos, cujo conteúdo instrucional do enunciado pode ter aliviado a carga cognitiva da memória de trabalho, os problemas com enunciados curtos podem ter demandado mais capacidade da memória de trabalho, onerando seu componente de armazenamento. Embora os solucionadores tenham esboçado as estratégias corretas de resolução dos problemas, o maior obstáculo e, portanto, que provocou maior impacto no menor escore alcançado na resolução de problemas curtos veio da incapacidade de manter ativos os dados apresentados no enunciado. Esta interpretação dos resultados obtidos na presente pesquisa é também aderente ao Modelo de Memória de Trabalho de Baddeley (2000, 2003, 2012).

Um argumento que se poderia levantar em desfavor dessa interpretação é que no Experimento 2, o tempo de estudo dos problemas com enunciados longos foi maior do que com enunciados curtos (1:30 min e 0:30 seg., respectivamente). Portanto, o maior tempo para estudar o enunciado longo poderia ter impactado positivamente no alcance de maiores escores com esses tipos de enunciados. No entanto, é necessário recordar que no Experimento 1, no qual os solucionadores puderam interagir livremente com os enunciados, os escores alcançados com a resolução de problemas com enunciados longos foram também maiores do que com os enunciados curtos, sendo a diferença entre as médias observadas dos dois tipos de problema, significativa. Acredita-se, portanto, que se pode afastar a interpretação concorrente de que o tempo permitido para estudo dos enunciados longos no Experimento 2 tenha favorecido a resolução destes em detrimento do tempo permitido para os enunciados curtos.

6.2.3 Ausência da interação do solucionador com o enunciado do problema - nível de *expertise versus* extensão do enunciado

A análise da interação entre as variáveis níveis de expertise e extensão do enunciado em face da ausência de interação do solucionador com o enunciado revelou que ambos os grupos são igualmente prejudicados na resolução dos problemas. Conforme visto, o tempo utilizado na resolução foi significativamente menor no Experimento 2 do que no Experimento 1, porém os escores alcançados

também foram menores. Ou seja, a menor interação com o enunciado comprometeu o desempenho em termos de acurácia na resposta. Embora não se tenha verificado interação das variáveis independentes sobre as dependentes, a seguir são feitas algumas considerações sobre interessantes achados no Experimento 2.

Os escores alcançados pelos novatos permitem inferir que a ausência de interação com o enunciado pode tê-los proporcionado menos chance de se fixarem em fatores literais do texto. De fato, a fixação em aspectos superficiais é comportamento observado para novatos, conforme relatado por Chi *et al.* (1981; 1982).

Por outro lado, é relevante de ser considerado mais extensamente os resultados relativos ao escore alcançado pelos *experts*. Isto é, embora a diferença entre as médias de ambos os grupos não tenha sido significativa, o escore alcançado pelos *experts* foi menor do que o dos novatos. Além de ser contrário à hipótese estabelecida para o estudo, tal resultado chama a atenção, se considerado que no Experimento 1 a diferença encontrada foi significativamente maior em favor dos *experts*. Uma explicação é que os achados poderiam implicar em duas possibilidades. A primeira, o efeito da idade e a segunda, o tempo de experiência dos participantes *experts*.

No que concerne à idade, há vários estudos que relatam o efeito desta (SALTHOUSE *et al.*, 1989; DUVERNE *et al.*, 2008; MILLER; GAGNE, 2008, SOLESIO-JOFRE *et al.*, 2011). No entanto, os resultados são controversos. Além disso, nesses estudos, o efeito da idade é verificado em adultos idosos, i.e., com idade acima de 60 anos. Conforme visto, os resultados alcançados no presente estudo por meio de teste de correlação não deram suporte a essa hipótese. Além disso, no presente estudo, a média da idade dos participantes *experts* foi 33,52 anos, sendo a menor idade 24 e a maior 61.

Em relação ao tempo de experiência dos participantes *experts*, há que se observar esses resultados com cautela. Não se pode argumentar, por exemplo, em favor do efeito reverso da *expertise*, como mostrados de Kalyuga *et al.* (2003) e de Rey e Buchwald (2011). Diferentemente do observado em face do efeito reverso da *expertise*, em que material instrucional adicional pode impor carga excessiva aos *experts* em processos de aprendizagem, os resultados evidenciaram efeito contrário.

Todavia, em face desses inesperados resultados, porém significativos achados, reconhece-se que há algum fator que pode ter afetado negativamente o desempenho em termos de escores alcançados pelos *experts*. Observe-se que no Experimento 1, com os mesmos problemas utilizados no Experimento 2, o grupo de *experts* apresentou média significativamente maior do que os novatos. Portanto, *experts* parecem ser afetados mais negativamente do que novatos pela impossibilidade de interagir com o enunciado. De fato, a impossibilidade de interação com o enunciado ou de construção de representações externas revela que parte do êxito na resolução dos problemas está além da posse de esquemas completos.

Em suma: esquemas contribuem na correta classificação do problema e nos procedimentos necessários para resolução. No entanto, o solucionador precisa aliviar a carga imposta à sua capacidade de memória de trabalho externamente, seja por meio da constante interação com o enunciado, seja pela construção de representações externas.

6.3 Comparações entre Experimentos 1 e 2: a importância da interação com enunciado

Para melhor entendimento dos achados de ambos os experimentos são apresentadas, nos próximos parágrafos, comparações entre os achados dos Experimentos 1 e 2. Tais comparações permitem verificar o impacto da ausência de interação do solucionador com o enunciado durante a resolução do problema no Experimento 2, diferentemente do que ocorreu no primeiro experimento.

6.3.1 Diferença significativa do escore alcançado nos dois experimentos

A diferença significativa nos escores alcançados entre os resultados de ambos os experimentos oferecem evidências quanto a relevância da interação do solucionador com o enunciado durante o processo de resolução dos problemas. Nesse sentido, no que tange ao escore alcançado, caberia enfatizar que o presente

estudo realça outra fonte de erro, que resulta em diferenças quantitativas entre novatos e *experts*, diverso daquelas já propostas por Chi et al. (1982). Isto é, a diferença significativa entre as médias dos escores alcançados nos dois experimentos por ambos os grupos trazem evidências de que a ausência de interação do solucionador com o enunciado também pode ser fonte de erro para a resolução de problema.

Uma interpretação para os resultados é que o enunciado serviria ao solucionador como uma memória externa, para armazenamento e recuperação de dados relevantes. Nesse sentido, a função da interação do solucionador com o enunciado poder ser equiparado à construções de representações externas a que se refere Cox (1999). Segundo o autor, representações externas podem afetar o curso e o tipo de raciocínio. Conforme relata, há evidências de que resolver problemas com uso de representação física externa do problema promove a redução do número de etapas, de erros e do tempo necessário no processo de resolução. Pelo menos, no que diz respeito ao número de erros, o presente estudo é aderente a essa noção.

CAPÍTULO VII

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

*In my rear view mirror the sun is going down
Sinking behind the bridge in the road
I think of all the good things we have left undone
And I suffer premonitions, confirm suspicions...”
(Pink Floyd)*

7.1 Conclusões

O presente estudo se propôs a verificar a interação usuário-texto, por meio da investigação de aspectos da interação solucionador *versus* enunciado, no contexto da resolução de problemas de Física. O objetivo geral da pesquisa foi, portanto, **verificar a influência da interação do solucionador com o enunciado sobre o tempo utilizado e o escore alcançado na resolução do problema**. Para efeito da coleta de dados, visando ao atingimento do objetivo geral, foram propostos dois objetivos específicos, os quais, por sua vez, levaram à proposição de hipóteses testam efeitos de duas variáveis independentes sobre duas dependentes. Como variáveis independentes, foram estudados o nível de *expertise* do solucionador e a extensão do enunciado do problema. Como variáveis dependentes, o tempo utilizado e o escore alcançado.

Para o teste das seis hipóteses derivadas dos objetivos para o estudo foram realizados dois experimentos. Os resultados obtidos permitiram chegar às seguintes conclusões, apresentadas com base os objetivos propostos.

7.1.1 A presença da interação do solucionador com o enunciado – influência do nível de *expertise* e da extensão do enunciado sobre o tempo utilizado e o escore alcançado

Em relação ao objetivo específico de verificar se na presença da interação do solucionador com o enunciado, o tempo utilizado e o escore alcançado na resolução de problemas são influenciados pelo nível de *expertise* e pela extensão do enunciado, é possível derivar as seguintes conclusões:

- o nível de *expertise* do solucionador influencia o escore alcançado, mas não o tempo utilizado na resolução do problema.
- a extensão do enunciado influencia o tempo utilizado e o escore alcançado na resolução do problema.
- não há interação do nível de *expertise* com a extensão do enunciado de modo a influenciar o tempo utilizado e o escore alcançado na resolução do problema.

7.1.2 A ausência de interação do solucionador com o enunciado – influência do nível de *expertise* e da extensão do enunciado sobre o tempo utilizado e o escore alcançado

No que tange ao objetivo específico de verificar se não ausência de interação do solucionador com o enunciado, o tempo utilizado e o escore alcançado na resolução de problemas são influenciados pelo nível de *expertise* e pela extensão do enunciado, é possível concluir que:

- o nível de *expertise* não influencia o tempo utilizado e o escore alcançado.
- a extensão do enunciado influencia o escore alcançado, porém, não influencia o tempo utilizado.
- não há interação do nível de *expertise* com a extensão do enunciado, de modo a influenciar o tempo utilizado e o escore alcançado na resolução do problema.

7.1.3 Efeito da interação do solucionador com o enunciado sobre o tempo utilizado e o escore alcançado

Os resultados obtidos na presente pesquisa permitem concluir que a interação do solucionador com o enunciado durante a resolução do problema tem papel fundamental na resolução de problemas. Nessa interação tem influência o nível de *expertise* do solucionador e a extensão do enunciado. O estudo permitiu verificar como o tempo utilizado e escore alcançado podem ser afetado pela presença ou ausência de interação do solucionador com o enunciado durante o processo de resolução.

Assim, a possibilidade de interação do solucionador com o enunciado, caracterizada pela presença do enunciado junto ao solucionador durante todo o processo de resolução, demonstrou que se nível de *expertise* influencia apenas o escore alcançado, a extensão do enunciado influencia tanto o tempo utilizado quanto o escore alcançado. Já na ausência de interação do solucionador com o enunciado durante a resolução não há diferenças entre solucionadores novatos e *experts* em relação ao tempo utilizado e ao escore alcançado. Por outro lado, na ausência dessa interação, a extensão do enunciado influencia apenas o escore alcançado.

No geral, o tempo utilizado e o escore alcançados são influenciados negativamente quando o solucionador não interage com o enunciado durante a resolução dos problemas, em comparação com quando o solucionador conta com o enunciado durante todo o processo de resolução.

Embora as verificações tenham sido realizadas considerados duas características presentes na interação – nível de *expertise* do solucionador e extensão do enunciado – importante frisar que essa pode ser estudada sob a ótica de outras características.

7.2 Contribuições do estudo

Como pesquisa básica, os resultados alcançados com o presente estudo trazem contribuições teórico-conceituais relevantes aos estudos que se fundamentam no paradigma cognitivo, particularmente no que concerne à Ciência da Informação. De fato, o conceito de informação como aquilo que, ao ser percebido, provoca o surgimento de espaços problemas (estados anômalos de conhecimento), parece ser pouco explorado nas pesquisas realizadas no Brasil.

Adicionalmente, o foco da busca por informação que corrige o estado anômalo de conhecimento no próprio pensamento, e não no ambiente externo, constitui, sem dúvida, contribuição robusta para os debates sobre o próprio conceito de informação, especialmente no que diz respeito a sua relação com o conceito de estrutura de conhecimento. O resultado é o aprofundamento do entendimento do conceito de texto, de sua estrutura e do papel da estrutura de conhecimento do indivíduo no processo cognitivo de sua compreensão. Seguramente, tais resultados

contribuem na compreensão de como características tanto do usuário quanto do texto influenciam o resultado da interação destes.

A discussão necessária para o tópico investigado, focando no estudo da interação usuário-texto, requereu, por seu turno, adoção de abordagem interdisciplinar da Ciência da Informação com a Psicologia Cognitiva, o que enriquece significativamente o debate. Sem dúvida, a construção interdisciplinar resultante do presente trabalho traz evidências de que ambas as ciências compartilham noções a serem exploradas em outros estudos.

Outro aspecto a ressaltar diz respeito à adoção do método experimental, aparentemente pouco utilizado em estudos da Ciência da Informação no Brasil. Isso porque se trata de método que empresta melhor validade, objetividade e generalização aos resultados do que métodos como o de levantamento, por exemplo.

7.3 Da abordagem do ponto de vista cognitivo na Ciência da Informação ao presente estudo

Cabe enfatizar a adesão do presente estudo à abordagem do ponto de vista cognitivo na Ciência da Informação e a adequação e possibilidade de aplicação das noções e conceitos propostos por Belkin (1978), Brookes (1980) e Ingwersen (2002). Conforme discutido no Capítulo II – Fundamentação Teórica – os três pesquisadores estavam preocupados com a proposição de um conceito de informação que permitissem o estudo sistematizado dos fenômenos de interesse da Ciência da Informação. Em comum havia, entre outros, a preocupação com a distinção entre dado, informação e conhecimento e a noção de informação relacionada com estrutura de conhecimento.

Belkin (1978) enfatizava que os requisitos comportamentais do conceito de informação deveriam considerar que os efeitos de um mesmo conjunto de dados variam em função dos usuários, do tempo e do modo de apresentação do dado. Brookes (1980) assinalava que informação era parte da estrutura conceitual do indivíduo. Tal estrutura é fundamental para que se capture o dado e o transforme em informação, a qual pode ser assimilada, sendo acrescentada à estrutura conceitual, como também pode modificar tal estrutura. Por sua vez, Ingwersen (2002) realça o

papel da estrutura de conhecimento relacionando-a ao modelo de mundo do indivíduo, por meio da qual a mensagem é mediada, por meio da qual dado é processado em informação. Sem a concorrência de tal estrutura, não seria possível perceber a mensagem, ficando essa reduzida ao nível de dado.

O fenômeno aqui em foco, a interação usuário-texto, é um exemplo da relação dado-informação-conhecimento. A investigação dessa interação requereu a operacionalização desses conceitos com suporte e contribuições vindas de duas abordagens: o ponto de vista cognitivo na Ciência da Informação e o processamento da informação na Psicologia Cognitiva, conforme discutido e justificado anteriormente. No entanto, cabe ressaltar que a tarefa de buscar contribuições para o entendimento do fenômeno e operacionalização do estudo foi sobremaneira facilitada pela aderência teórica da primeira abordagem, como defendido pelos autores em questão, às proposições teóricas da segunda. Isso demonstra a adequação e aplicação prática das noções e conceitos defendidos por Belkin (1978), Brookes (1980) e Ingwersen (2002).

7.4 Recomendações para estudos futuros

O presente trabalho explorou aspectos relacionados à interação usuário-texto. O contexto escolhido para verificar tal interação – o de resolução de problemas – abre espaço para investigações em contextos outros, como por exemplo, o de tomada de decisão. Mais que isso, estudos futuros podem enriquecer a discussão sobre o tema por meio do foco em pelo menos três outras questões. A primeira relaciona-se com a exploração de outras características que influenciam a interação usuário-texto. A segunda diz respeito a aspectos do enunciado que recebem mais atenção do solucionador. Finalmente, mas não somente, aspectos do texto que o usuário leva em consideração na decisão por utilizá-lo ou não.

REFERÊNCIAS

ALJUKHADAR, M.; SENEAL, S.; DAOUST, C. E. Information overload and usage of recommendations. In: WORKSHOP ON USER-CENTRIC EVALUATION OF RECOMMENDER SYSTEMS AND THEIR INTERFACES (UCERSTI), 2010, Barcelona. **Proceedings...** Barcelona: CEUR-WS.org, 2010. p. 26-33. Disponível em: <<http://sunsite.informatik.rwth-aachen.de/Publications/CEUR-WS/Vol-612/paper5.pdf>>. Acesso em: 03 abr. 2011.

ANDERSON, J. R. Problem solving and learning. **American Psychologist**, Pittsburgh, v. 48, n. 1, p. 35-44, jan. 1993.

BADDELEY, A. The episodic buffer: a new component of working memory? **Trends in Cognitive Sciences**, v. 4, n. 11, p. 417-423, 2000.

BADDELEY, A. Working memory: looking back and looking forward. **Nature reviews – Neuroscience**, v. 4, 2003.

BADDELEY, A. Working memory: theories, models, and controversies. **Annual Review of Psychology**, v. 63, p. 1-29, 2012.

BADDELEY, A.; HITCH, G. J. Working memory. In: BOWER, G. H. (Ed.). **The psychology of learning and motivation: advances in research and theory**. New York: Academic Press, 1974. v. 8, p. 47-89.

BADDELEY, A.; HITCH, G. J. Working memory. 2010. Disponível em: <www.scholarpedia.org/article/phonological_loop>. Acesso em: 27 mar. 2012.

BARSALOU, L. W. Context-independent and context-dependent information in concepts. **Memory & Cognition**, USA, v. 10, n. 1, p. 82-93, 1982.

BARSALOU, L. W. et al. Grounding conceptual knowledge in modality-specific systems. **Trends in Cognitive Sciences**, Cambridge, Massachusetts, v. 7, n. 2, p. 84-91, feb. 2003.

BARSALOU, L. W.; HALE, C. R. Components of conceptual representation: from features lists to recursive frames. In: HAMPTON, J.; MICHALSKI, R. S.; THEUNS, P. **Categories and Concepts: theoretical views and inductive data analysis**. San Diego, CA: Academic Press, 1993.

BELKIN, N. J. Information concepts to information science. *Journal of Documentation*, Bradford, v. 34, n. 1, p. 55-85, mar. 1978.

BELKIN, N. J. Interaction with texts: information retrieval as information-seeking behaviour. In: CONFERENCE OF THE GESSELLSCHAFT FUR INFORMATIK FACHGRUPPE INFORMATION RETRIEVAL, 1., 1993, Konstanz. **Proceedings...** p. 55-66, 1993.

BELKIN, N. J.; ODDY, R. N.; BROOKS, H. M.; Ask for information retrieval: part I. Background and theory. *Journal of Documentation*, Bradford, v. 38, n. 2, p. 61-71, jun. 1982.

BELKIN, N. J. The cognitive viewpoint in information science. *Journal of Information Science*, New York, v. 16, n. 11, 1990.

BEST, J. B. *Cognitive Psychology*. 5. ed. New York: West Publishing Co., 1999.

BILALIĆ, M.; McLEOD, P.; GOBET, F. Expert and “novice” problem solving strategies in chess: sixty years of citing de Groot (1946). **Thinking & Reasoning**, v. 14, n. 4, p. 395-408, 2008.

BOWDEN, E. M. Accessing relevant information during problem solving: time constraints on search in the problem space. *Memory & Cognition*, USA, v. 13, n. 3, p. 280-286, 1985.

BORKO, H. Information Science: what is it? *American Documentation*, p. 3-5, 1968.

BROOKES, B. C. The foundation of information science. Part I. Philosophical aspects. *Journal of Information Science*, New York, v. 2, p. 125-133, 1980.

CARRIEDO, N.; ROSA, E. M.; GARCIA-MADRUGA, J. A. Working Memory, Text Comprehension, and Propositional Reasoning: a new semantic anaphora WM Test. *Spanish Journal Of Psychology*, v. 14, n. 1, p. 37-49, maio 2011.

CARY, M.; CARLSON, R. A. External support and the development of problem-solving routines. *Journal of Experimental Psychology-Learning Memory and Cognition*, v. 25, n. 4, p. 1053–1070, 1999.

CARY, M.; CARLSON, R. A. Distributing working memory resources during problem solving. *Journal of Experimental Psychology-Learning Memory and Cognition*, v. 27, n. 3, p. 836–848, 2001.

CASE, D. O. Information behavior. *Annual Review of Information Science and Technology*, v. 40, p. 293–327, 2006.

CHANLIN, L. Formats and prior knowledge on learning in a computer-based lesson. **Journal Of Computer Assisted Learning**, v. 17, n. 4, p. 409-419, dec. 2001.

CHASE, W. G.; SIMON, H. A. Perception in chess. *Cognitive Psychology*, USA, v. 4, p. 55-81, 1973.

CHI, M. T. H.; FELTOVICH, P. J.; GLASER, R. Categorization and representation of physics problems by *experts* and novices. *Cognitive Science*, v. 5, p. 121-152, 1981.

CHI, M. T. H.; GLASER, R. Problem solving ability. Chapter 10. 1985. Disponível em: < <http://chilab.asu.edu/papers/ChiGlaser10.pdf>>. Acesso em: 02 sep. 2010.

CHI, M. T. H.; GLASER, R.; REES, E. Expertise in problem-solving. In: STERNBERG, R. J. (Ed.). *Advances in the psychology of human intelligence*. v. 1. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1982

COLE, C.; LEIDE, J. E. Using the User's Mental Model to Guide the Integration of Information Space into Information Need. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, v. 54, n. 1, p. 39-46, 2003.

COURTRIGHT, Christina. Context in Information Behavior Research. **Annual Review of Information Science and Technology**, v. 41, p. 273-306, 2007.

COX, R. Representation construction, externalised cognition and individual differences. **Learning and Instruction**, v. 9, p. 343-363, 1999.

CULROSS, R. R.; DAVIS, J. K. Strategy development as a function of the amount of relevant or irrelevant information. In: ANNUAL MEETING OF THE AMERICAN PSYCHOLOGICAL ASSOCIATION, 82., 1974, New Orleans. Disponível em: <http://eric.ed.gov/ERICWebPortal/search/detailmini.jsp?_nfpb=true&_ERICExtSearch_SearchValue_0=ED097661&ERICExtSearch_SearchType_0=no&accno=ED097661>. Acesso em: 30 mar. 2011.

CUMMINS, D. D. et al. The role of understanding in solving word problems. **Cognitive Psychology**, USA, v. 20, p. 405-438, 1988.

DANEMAN, M.; CARPENTER, P. A. Individual differences in working memory and Reading. **Journal of Verbal Learning and Verbal Behaviour**, v. 19, p. 450-466, 1980.

DE MEY, M. **The cognitive paradigm**: an integrated understanding of scientific development. Chicago: The University of Chicago Press, 1992. Reimpressão da 1ª. Ed. publicada em 1982.

DE MEY, M. Cognitive science and science dynamics. Philosophical and epistemological issues for information science. **Social Science Information Studies**, v. 4, p. 97-110, 1984.

DILLON, A.; SCHAAP, D. Expertise and the perception of shape in information. **Journal of the American Society for Information Science**, v. 47, n. 10, p. 786-788, 1996.

EASON, S. H.; GOLDBERG, L. F.; CUTTING, L. E. Reader-text interactions: how differential text and question types influence cognitive skills needed for reading comprehension. **Journal of Educational Psychology**, v. 104, n. 3, p. 515-528, 2012.

EASTMAN, C. M. Cognitive processes and ill-defined problems: a case study from design. In: INTERNATIONAL JOINT CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE, 1., 1969, Washington. Proceedings... p. 669-674.

EYSENCK, M. W.; KEANE, M. T. Manual de Psicologia Cognitiva. 5. ed. Philadelphia: Saunders, 2007. 608 p.

FARRADANE, J. The nature of information. *Journal of information science*, n. 1, p. 13-17, 1979.

FIELD, A. Discovering statistics using SPSS. 3. ed. London: Sage Publications Ltd, 2009.

FISHER, K. E.; JULIEN, H. Information Behavior. *Annual Review of Information Science and Technology*, v. 43, p. 1-73, 2009.

FROHMANN, B. The power of images: a discourse analysis of the cognitive viewpoint. *The Journal of Documentation*, v. 48, n. 4, p. 365-386, dec. 1992.

GASQUE, Kelley Cristine Gonçalves Dias. O pensamento reflexivo na busca e no uso da informação na comunicação científica. (Doutorado em Ciência da Informação) - Departamento de Ciência da Informação, Faculdade de Estudos Sociais Aplicados, Universidade de Brasília, Brasília. 2008.

GARNER, W. R. Uncertainty and structure as psychological concepts. New York: John Wiley and Sons, Inc., 1962. 369 p.

GASPARINATOU, A.; GRIGORIADOU, M.; Alma: an adaptive learning models environment from texts and activities that improves students science comprehension. In: *WORLD CONFERENCE ON EDUCATIONAL SCIENCES*, 3., 2011. Book Series: *Procedia Social and Behavioral Sciences*, v. 15, p. 2742-2747.

GILHOOLY, K. J.; MURPHY, P. Differentiating insight from non-insight problems. *Thinking and Reasoning*, v. 11, p. 279–302, 2005.

GRAESSER, A. C.; SINGER, M.; TRABASSO, T. Constructing inferences during narrative text comprehension. *Psychological Review*, v. 101, n. 3, p. 371-395, 1994.

GRAESSER, A. C.; MILLIS, K. K.; ZWAAN, R. A. Discourse comprehension. *Annual Review Psychology, USA*, v. 48, p. 163-189, 1997.

HAMBRICK, D. Z.; ENGLE, R. W. The role of working memory in problem solving. In: DAVIDSON, J. E.; STERNBERG, R. J. (Ed.). *The psychology of problem solving* Cambridge. Cambridge: Cambridge University Press, 2003. p. 176-206.

HANH, U.; CHATER, N. Concepts and similarity. In: LAMBERTS, K.; SHANKS, D. **Knowledge, concepts, and categories**. Cambridge, Massachusetts: Ed. Koen Lamberts and David Shanks, 1997. p. 43-92.

HAAS, D. F.; KRAFT, D. H. Experimental and quasi-experimental designs for research in information science. *Information Processing & Management*, v. 20, n. 1-2, p. 229-237, 1984.

HEGDE, B.; MEERA, B. N. How do they solve it? An insight into the learner's approach to the mechanism of physics problem solving. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, v. 8, p. 010109-1-010109-7, 2012.

HEIT, E. Knowledge and concept learning. In: *Knowledge, concepts and categories*. Cambridge, Massachusetts: Ed. Koen Lamberts and David Shanks, 1997.

HEMBROOKE, H. A.; GRANKA; L. A.; GAY, G. K.; LIDDY, E. D. The Effects of Expertise and Feedback on Search Term Selection and Subsequent Learning. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, v. 56, n. 8, p. 861-871, 2005.

HEGARTY, M.; STEINHOFF, K. Individual differences in use of diagrams as external memory in mechanical reasoning. *Learning and Individual Differences*, v. 9, n. 1, p. 19-42, 1997.

HERTEL, P. T. Implications of external memory for investigations of mind. *Applied Cognitive Psychology*, v. 7, n. 7, p. 665-674, dec. 1993.

HINSLEY, D. A.; HAYES, J. R.; SIMON, H. A. From words to equations: meaning and representation in algebra word problems. In: JUST, M.; CARPENTER, P. (Ed.). *Cognitive processes in comprehension*. Hillsdale, NJ: Erlbaum. p. 89-106.

HOFFMAN, R.; GILHOOLY, K. Introduction domains, paradigms, and methods in the study of *expertise*. *Thinking and reasoning*, v. 3, n. 4, p. 241-246, 1997.

HOLLAND, G. A. Information science: an interdisciplinary effort? *Journal of Documentation*, v. 64, n. 1, p. 7-23, 2008.

HWANG, M.I., LIN, J. W. Information dimension, information overload and decision quality. *Journal of Information Science*, v. 25, p. 213-218, 1999.

INGWERSEN, P. The cognitive view and information. In: _____. *Information retrieval interaction*. London: Taylor Graham, 1992. Versão Eletrônica, 2002. Disponível em: <http://pure.iva.dk/ws/files/31047349/Ingwersen_IRI.pdf>. Acessado em: 02 fev. 2010.

ISELIN, E. The impact of information diversity on information overload effects in unstructured managerial decision making. *Journal of Information Science*, v. 15, p. 163-173, 1989.

JONASSEN, D. H. Instructional design models for well-structured and ill-structured problem-solving learning outcomes. *ETR&D*, v. 45, n. 1, p. 65-94, 1997.

JONES, W.; DUMAIS, S.; BRUCE, H. Once found, what then? : A study of "keeping" behaviors in the personal use of web information. In: ASIST ANNUAL MEETING, 65., 2002. Book Series. **Proceedings...**, v. 39, p. 391-402, 2002.

JU, B. Does domain knowledge matter: mapping users' *expertise* to their information interactions. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, v. 58, n. 13, p. 2007–2020, 2007.

KALYUGA, S. et al. The Expertise Reversal Effect. **Educational Psychologist**, v. 38, n. 1, p. 23–31, 2003.

KANTOWITZ, B. H.; ROEDIGER III, H. L.; ELMES, D. G. *Psicologia experimental – psicologia para compreender a pesquisa em psicologia*. 8. ed. São Paulo: Thomson Learning Issues, 2006.

KEENAN, J. M.; BROWN, P. Children's reading rate and retention as a function of the number of propositions in a text. *Child Development*, v. 55, p. 1556-1569, 1984.

KIM, J-H. The effect of amount of information and music on consumer Shopping behaviours in an online apparel retailing setting. 2006. 267 f. Tese (Doutorado em Ecologia Humana). College of Human Ecology, Ohio State University, Ohio, 2013. Disponível em: <http://etd.ohiolink.edu/send-Word.cgi/Kim%20JungHwan.Word?osu1154322625>>. Acesso em: 03 mar. 2011.

KINTSCH, W. **Comprehension: a paradigm for cognition**. Cambridge, Massachusetts: Cambridge University Press, 1998. 457 p.

KINTSCH, W. Text comprehension, memory, and learning. **American Psychologist**, Pittsburgh, p. 294-303, 1994.

KINTSCH, W. The role of knowledge in Discourse Comprehension: a Construction-Integration Model. **Psychological Review**, USA, v. 95, n. 2, p. 163-182, 1988.

KINTSCH, W.; GREENO, J. G. Understanding and solving word arithmetic problems. **Psychological Review**, USA, v. 92, n. 1, p. 109-129, 1985.

KINTSCH, W.; VAN DIJK, T. A. Toward a model of text comprehension and production. **Psychological Review**, USA, v. 85, n. 5, p. 363-394, sep. 1978.

KNOWLTON, B. Declarative and nondeclarative knowledge – insights from cognitive neuroscience. In: LAMBERTS, K.; SHANKS, D. **Knowledge, concepts, and categories**. Cambridge, Massachusetts: Ed. Koen Lamberts and David Shanks, 1997. p. 215-246.

KOCH, A. Training in metacognition and comprehension of physics texts. **Science Education**, v. 85, n. 6, p. 758-768, nov. 2001.

KOCH, A.; ECKSTEIN, SGT. Skills needed for reading-comprehension of physics texts and their relation to problem-solving ability. **Journal Of Research In Science Teaching**, v. 32, n. 6, p. 613-628, aug. 1995.

KOHL, P. B.; FINKELSTEIN, N. D. Patterns of multiple representation use by *experts* and novices during physics problem solving. **Physical Review Special Topics - Physics Education Research**, v. 4, 010111, p. 1-13, 2008.

KOMATSU, L. K. Recent views of conceptual structure. **Psychological Bulletin**, USA, v. 112, n. 3, p. 500-526, 1992.

LAND, S. M.; GREENE, B. A. Project-based learning with the World Wide Web: a qualitative study of resource integration. **Educational Technology, Research and Development**, v. 48, n. 1, p. 45-68, 2000.

LONG, D. L.; DE LEY, L. Implicit causality and discourse focus: the interaction of text and reader characteristics in pronoun resolution. **Journal of Memory and Language**, v. 42, p. 545–570, 2000.

LUCASSEN, T.; SCHRAAGEN, J. M. Factual accuracy and trust in information: the role of *expertise*. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, v. 62, n. 7, p. 1232–1242, 2011.

LURIE, N. H. Decision making in information-rich environments: the role of information structure. **Journal of Consumer Research**, v. 30, p. 473-486, 2004.

MACFARLANE, A. Information, knowledge and learning. **Higher Education Quarterly**, v. 52, n. 1, p. 77–92, jan. 1998.

MARTIN, B. Knowledge management. **Annual Review of Information Science and Technology**, v. 42, n. 1, p. vii–xxv, 371–423, 2008.

MASON, A.; SINGH, C. Assessing *expertise* in introductory physics using categorization task. **Physical Review Special Topics - Physics Education Research**, v. 7, 020110, 2011.

MASUNAGA, H.; HORN, J. Characterizing mature human intelligence – *expertise* development. **Learning and individual differences**, v. 12, p. 5-33, 2000.

McCRUDDEN, M. T.; SCHRAW, G.; LEHMAN, S. The use of adjunct displays to facilitate comprehension of causal relationships in expository text. **Instructional Science**, v. 37, n. 1, p. 65-86, jan. 2009.

McKECHNIE, L. E. F. et. al. How human information behaviour researchers use each other's work: a basic citation analysis study. **Information Research –An International Electronic Journal**, v. 10, n. 2, 2005. Article 220.

McNAMARA, D. S. et al. Are good texts always better? Interactions of text coherence, background knowledge, and levels of understanding in learning from text. **Cognition and instruction**, Colorado, v. 14, n. 1, p. 1-43, 1996.

MEADOWS, J. Fifty years of UK research in Information Science. **Journal of Information Science**, v. 34, n. 4, p. 1-16, 2008.

MILLER, G. A. The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. **The Psychological Review**, USA, v. 63, n. 2, p. 81-97, mar. 1956.

MILLER, J. R.; KINTSCH, W. Readability and recall of short prose passages: a theoretical analysis. **Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory**, USA, v. 6, n. 4, p. 335-352, jul. 1980.

MURPHY, G. L.; MEDIN, D. L. The role of theories in conceptual coherence. **Psychological Review**, USA, v. 92, n. 3, p. 289-316, jul. 1985.

NECOLESCU, B. Um novo tipo de conhecimento: transdisciplinaridade. In: **Educação e transdisciplinaridade**. Tradução de Judite Vero, Maria F. de Mello e Américo Sommerman. Brasília: UNESCO, 2000. Edições UNESCO.

NESHER, P.; HERSHKOVITZ, S.; NOVOTNA, J. Situation model, text base and what else? Factors affecting problem solving. **Educational Studies in Mathematics**, v. 52, n. 2, p. 151-176, 2003.

NEWELL, A., SHAW, J. C.; SIMON, H. A. Elements of a theory of human problem solving. **Psychological Review**, v. 65, p. 151-166, 1958.

NEWELL, A.; SIMON, H. A. **Human problem solving**. USA: Prentice-Hall, 1972. 920 p.

PAAS, F.; VAN GOG, T.; SWELLER, J. Cognitive Load Theory: new conceptualizations, specifications, and integrated research perspectives. **Educational Psychological Review**, v. 22, p. 115–121, 2010.

PAYNE, J. W.; BETTMAN, J. R.; JOHNSON, E. J. Adaptive strategy selection in decision making. Reprinted from **Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory e Cognition**, USA, v. 14, n. 3, p. 534-552, 1988.

PAYNE, D. G.; WESTERMAN, D. L. Chapter Seventeen – Research methods in Cognition. In: DAVIS, S. F. (Ed.). **Handbook of research methods in experimental psychology**. Malden-USA: Editora Blackwell Publishing, 2003. 507 p.

PEREIRA, F. C. M. Necessidades e usos da informação: a influência dos fatores cognitivos, emocionais e situacionais no comportamento informacional de gerentes. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 15, n. 3, p. 176-194, 2010. Acesso em: 25 fev. 2012.

PERRIG, W.; KINTSCH, W. Propositional and situational representation of text. **Journal of memory and language**, v. 24, p. 503-518, 1985.

PETTIGREW, K. E. et al. What's the use? Extending and revising notions of use and users in information behavior research. **ASIST**, 2002.

PREBOR, G. Analysis of the interdisciplinary nature of library and information Science. **Journal of Librarianship and Information Science**, v. 42, n. 4, p. 256-267, 2010.

RICHARDSON, R. J. et al. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. São Paulo: Atlas, 2008. 334 p.

RODRIGUEZ, I. et. al. Communicating scientific ideas: one element of physics *expertise*. **American Institute of Physics**, 2012.

RODRIGUEZ, I.; BREWE, E.; KRAMER, L. Constructing a Model of Physics Expertise. **AIP Conference Proceedings**, 2010.

RUBIN, V. L. Epistemic modality: from uncertainty to certainty in the context of information seeking as interactions with texts. **Information Processing and Management**, v. 46, p. 533–540, 2010.

RUMELHART, D. E.; ORTONY, A. La representación del conocimiento en la memoria. Translated by Eulalia Rubí and Salvador Tarrat. **Infancia y aprendizaje**, v. 19, n. 10, p. 115-158, 1982.

SARACEVIC, T. Interdisciplinary nature of information science. **Ciência da Informação**, v. 24, n. 1, 1995.

SCHROYENS, W. Knowledge and Thought: an Introduction to Critical Thinking (Book Review). **Experimental Psychology**, v. 52, n. 2, p. 163-164, 2005.

SHANNON, C. E. A mathematical theory of communication. Reimpressão com correções da **The Bell System Technical Journal**, v. 27, 379-423, p. 623-656, jul.-oct. 1948.

SICILIA, M.; RUIZ, S. The effects of the amount of information on cognitive responses in online purchasing tasks. **Electronic Commerce Research and Applications**, v. 9, p. 183–191, 2010.

SIMON, H. A. The structure of ill structured problems. **Artificial Intelligence**, v. 4, p. 181–201, 1973.

SIMON, H. A. Information-processing theory of human problem solving. In. ESTES, D. (Ed.). **Handbook of learning and cognitive process**. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. 1978. p. 271-294.

SIMON, H. A. Rational decision-making in business organization. **The American Economic Review**, 1979. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/Wordplus/1808698.Word?acceptTC=true>>. Acesso em: 12 dez. 2010.

SIMON, H. A. Problem solving and Decision Making. 1986. Disponível em: <<http://dieoff.org/page163.htm>>. Acesso em: 28 set. 2010.

SINGH, C. Assessing student *expertise* in introductory physics with isomorphic problems. I. Performance on nonintuitive problem pair from introductory physics. **Physical Review Special Topics - Physics Education Research**, v. 4, 010104, 2008.

SMITH, E. E.; MEDIN, D. L. **Categories and concepts**. Cambridge, Massachusetts: London, England: Harvard University Press, 1981. Disponível em: <<http://www.cs.indiana.edu/~port/teach/sem08/Smith.Medin.1983.ch1.2.3.Word>>. Acesso em: 12 dez. 2010.

SOLAZ-PORTOLÉS, J. J.; SANJOSÉ-LÓPEZ, V. Working memory in science problem solving: a review of research. **Revista Mexicana de Psicología**, v. 26, n. 1, p. 79-90, 2009.

ST CLAIR-THOMPSON, H.; OVERTON, T.; BOTTON, C. Information processing: a review of implications of Johnstone's model for science education. **Research in Science & Technological Education**, v. 28, n. 2, p. 121-148, 2010.

STERNBERG, R. *Psicologia Cognitiva*. Tradução da 5. ed. New York: Thomson Learning, 2010. 591 p.

STREUFERT, S. C. Effects of information relevance on decision making in complex environments. *Memory & Cognition*, v. 1, n. 3, p. 224-228, 1973.

SUKOVIC, S. Convergent flows: Humanities scholars and their interactions with electronic texts. **Library Quarterly**, v. 78, n. 3, p. 263-284, 2008.

SWELLER, J. Cognitive load during problem solving: effects on learning. **Cognitive Science**, v. 12, p. 257-285, 1988.

TALJA, S.; TUOMINEN, K.; SAVOLAINEN, R. "Isms" in information science: constructivism, collectivism and constructionism. **Journal of Documentation**, v. 61, n. 1, p. 79-101, 2005.

TANG, R. Evolution of the interdisciplinary characteristics of information and library Science. **Proceedings of the American Society for Information Science and Technology**, v. 41, n. 1, 2004. Publicado online. Acesso em: 22 sep. 2005.

TSAI, C. I.; KLAYMAN, J.; HASTIE, R. Effects of amount of information on judgment accuracy and confidence. **Organizational Behavior and Human Decision Processes**, v. 107, p. 97-105, 2008.

VAN WINKELEN, C.; McDERMOTT, R. Learning *expert* thinking processes: using KM to structure the development of *expertise*. **Journal of Knowledge Management**, v. 14, n. 4, p. 557-572, 2010.

WHITTLESEA, B.W.A. The representation of general and particular knowledge. In: LAMBERTS, K.; SHANKS, D. (Ed.). **Knowledge, concepts, and categories**. Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 1997.

WHITTEN, S.; GRAESSER, A. C. Comprehension of Text in Problem Solving. In: DAVIDSON, J. E.; STERNBERG, R. J. (Ed.). *The psychology of problem solving*. Capítulo 7. p. 207-229. Disponível em: <<http://bearsite.info/General/Philosophy/Psychology%20of%20Problem%20Solving%20-%20Davidson%20and%20Sternberg.pdf#page=220>>. Acesso em: 15 mar. 2011.

WILLIAMS, J. P.; TAYLOR, M. B.; DE CANI, J. S. Constructing Macrostructure for Expository Text. **Journal of Educational Psychology**, USA, v. 76, n. 6, p. 1065-1075, 1984.

WILSON, T. D. Human information behavior. **Information Science Research**, v. 3, n. 2, p. 49–56, 2000.

YUAN, Y. C.; CARBONI, I.; EHRLICH, K. The impact of awareness and accessibility on *expertise* retrieval: a multilevel network perspective. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, v. 61, n. 4, p. 700–714, 2010.

ZHANG, J.; WANG, H. **An exploration of the relations between external representations and working memory**. PloS ONE, 2009. Disponível em: <<http://www.plosone.org/article/info:doi/10.1371/journal.pone.0006513>>. Acesso em: 05 maio 2012.

ANEXO – ANÁLISE DOS RESULTADOS DO PRÉ-TESTE

Foi realizado pré-teste com o objetivo de sondar a adequação do material e dos procedimentos para coleta de dados. Essa etapa foi realizado em maio de 2012, durante a fase de estágio doutoral no exterior, com a participação de quatro alunos de graduação e dois de pós-graduação da Faculdade de Física da *Loughborough University* – Inglaterra – UK. Todos os participantes declararam ter cursado a disciplina de Mecânica Clássica como parte de seus estudos. A análise dos resultados levaram à reflexão de alguns aspectos. Inicialmente, quanto à necessidade de uso de calculadora, não permitida no pré-teste, como suporte aos cálculos realizados na resolução dos problemas de Física. Os participantes, em sua maioria, indicaram a ausência da calculadora como fonte de dificuldade no processo, e provavelmente essa é uma das razões para as muitas respostas erradas, conforme se pode inferir pela análise dos resultados. Outra questão trazida pelos dados do pré-teste diz respeito à operacionalização do conceito de *expert*. Conforme visto, são várias as pesquisas em que a definição operacional de sujeitos novatos e *experts* se faz pela coleta de dados junto a alunos de graduação e pós-graduação representando ambas as condições respectivamente. Entretanto, no pré-teste os participantes *experts* assinalaram dificuldades em recordar fórmulas necessárias à resolução do problema. Eles relataram que, embora os problemas fossem de fácil compreensão e resolução, não utilizavam as referidas fórmulas há muito tempo, o que torna difícil recordá-las. Essa colocação é compreensível se considerado que os participantes do teste que cursavam pós-graduação tem sua atenção direcionada para aspectos específicos que não é, necessariamente, a mesma tratada no estudo, ou seja, Mecânica Clássica. Essa constatação encontra suporte no entendimento de Ericsson (2003) para o qual a especialização em certa área, de modo a evidenciar alto desempenho, exige pelo menos 10 anos de dedicação ao tema. Não é esse o caso do alunos de graduação e pós-graduação.

Devido as razões expostas duas decisões foram tomadas em relação aos procedimentos bem como em relação aos participantes do estudo. Inicialmente, observa-se que será permitido o uso de calculadora uma vez que parece imprescindível na realização das resoluções de problemas. Não se vê motivo para acreditar que o uso da calculadora comprometa os objetivos do estudo. A segunda

decisão é quanto à coleta de dados junto a professores de Física, entre os quais é possível encontrar as características de desenvolvimento de *expertise* na área em estudo, se considerado o modelo de Ericsson (2003).

Também foi acrescentado o Experimento 3, o qual não integrou o pré-teste realizado anteriormente, o qual, no momento em que esse foi realizado, ainda não havia sido completamente concebido. No entanto, acredita-se que a execução do Experimento 3 é essencial para o entendimento da questão em análise, bem como na realização dos objetivos propostos para o estudo. Por outro lado, é possível que um pré-teste seja realizado anteriormente à coleta de dados definitiva a fim de verificar ajustes necessários.

APÊNDICE A – Termo De Livre Consentimento E Esclarecido – TCLE

O (a) senhor(a) está sendo convidado(a) a participar do projeto: A relação entre informação e a estrutura de conhecimento na resolução de problemas: estudo experimental.

O objetivo desta pesquisa é demonstrar que o desempenho na resolução de problemas é influenciado pelo nível de *expertise* do solucionador e pela extensão do enunciado do problema, apoiando-se necessariamente na memória externa.

O(a) senhor(a) receberá todos os esclarecimentos necessários antes e no decorrer da pesquisa e lhe asseguramos que seu nome não aparecerá sendo mantido o mais rigoroso sigilo através da omissão total de quaisquer informações que permitam identificá-lo(a).

A sua participação será através da resolução de problemas de Física, versado sobre o conteúdo de Mecânica Clássica, com os normalmente resolvidos em sala de aula, os quais o(a) senhor(a) deverá responder em sala indicada pela instituição de ensino na qual estuda/trabalha na data combinada com um tempo estimado 10 minutos para cada sessão, totalizando duas sessões, realizadas em dias distintos. Informamos que o(a) senhor(a) pode se recusar a responder (ou participar de qualquer procedimento) qualquer questão que lhe traga constrangimento, podendo desistir de participar da pesquisa em qualquer momento sem nenhum prejuízo para o(a) senhor(a). Sua participação é voluntária, isto é, não há pagamento por sua colaboração.

Os resultados da pesquisa serão divulgados na Faculdade de Ciência da Informação da Universidade de Brasília, podendo ser publicados posteriormente. Os dados e materiais utilizados na pesquisa ficarão sobre a guarda do pesquisador.

Se o(a) senhor(a) tiver qualquer dúvida em relação à pesquisa, por favor telefone para: Shirley Guimarães Pimenta, aluna da FCI/UnB, telefone (61) 8484 0571, no horário compreendido entre 8:00 e 18:00, de segunda a sexta-feira.

Este projeto foi Aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade de Brasília. As dúvidas com relação à assinatura do TCLE ou os direitos do sujeito da pesquisa podem ser obtidos através do telefone: (61) 3107-1947.

Este documento foi elaborado em duas vias, uma ficará com o pesquisador responsável e a outra com o sujeito da pesquisa.

Nome / assinatura

Shirley Guimarães Pimenta
Pesquisador Responsável

Brasília, ___ de _____ de _____

Obs.:

1) Para projetos de farmacologia clínica incluir a seguinte frase:

O pesquisador deste projeto se compromete em dar o conhecimento ao paciente de todos os eventos adversos ocorridos durante o desenvolvimento desta pesquisa e assegura a manutenção do tratamento farmacológico se constatado o benefício terapêutico do fármaco em estudo.

2) TCLE com mais de uma folha:

Na eventualidade do TCLE apresentar mais de uma folha, deverá constar por escrito que estas deverão ser rubricadas pelo sujeito da pesquisa ou responsável e pelo pesquisador responsável.

APÊNDICE B – Problema Enunciado Curto Utilizado Nos Experimentos 1 E 2 – modelo 1



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO

PROBLEMA - EC

Um carro esporte BMW-M3 pode ser acelerado, em terceira marcha, de 48,3 km/h (30 mi/h) a 80,5 km/h (50 mi/h) em 3,7 s. **(a)** Qual é a aceleração média desse carro em m/s^2 ? **(b)** Se o carro continuar com essa aceleração por mais um segundo, qual a velocidade com que estará se movendo?

RESOLUÇÃO:

Para uso exclusivo do examinador							
Id. Pt.:	1°	2°	C	L	A	C	DATA:

APÊNDICE C – PROBLEMA ENUNCIADO LONGO UTILIZADO NOS EXPERIMENTOS 1 E 2 – modelo 1



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO

PROBLEMA - EL

A aceleração de um corpo corresponde à taxa de variação da velocidade instantânea desse corpo. Por exemplo, ao se pisar no acelerador de um carro, observa-se a variação da velocidade. Assim, considere que um carro esporte BMW-M3 pode ser acelerado, em terceira marcha, de 48,3 km/h (30 mi/h) a 80,5 km/h (50 mi/h) em 3,7 s. Solicita-se calcular (a) qual é a aceleração média desse carro em m/s²? Lembre-se que a aceleração média correspondente a um determinado intervalo de tempo é definida como a relação entre a variação da velocidade dividida pela variação do tempo. Pede-se também calcular (b) se o carro continuar com essa aceleração por mais um segundo, qual a velocidade com que estará se movendo? Evite erros observando que a unidade da aceleração no Sistema Internacional é o metro por segundo ao quadrado, m/s². Portanto, procure verificar se você precisará fazer conversões.

RESOLUÇÃO

Para uso exclusivo do examinador

Id. Pt.:	1°	2°	C	L	A	C	DATA:
----------	----	----	---	---	---	---	-------

APÊNDICE D – PROBLEMA ENUNCIADO CURTO UTILIZADO NOS EXPERIMENTOS 1 E 2 – modelo 2



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO

PROBLEMA - EC

Você corre 100 m em 12 s, faz a volta e retorna caminhando 50 m em direção ao ponto de partida em 30 s. Calcule (a) sua velocidade média de percurso e (b) sua velocidade média para todo o percurso.

RESOLUÇÃO:

Para uso exclusivo do examinador							
Id. Pt.:	1°	2°	C	L	A	C	DATA:

APÊNDICE E – PROBLEMA ENUNCIADO LONGO UTILIZADO NOS EXPERIMENTOS 1 E 2 – modelo 2



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO

PROBLEMA - EL

Usain Bolt, atleta jamaicano, considerado o homem mais rápido do mundo, é o atual recordista mundial na corrida de 100 m rasos. Nos Jogos Olímpicos de Londres em 2012 ele terminou a prova em 9s63. Logo, 10 m/s é, aproximadamente, a velocidade de percurso máxima possível de ser alcançada por um ser humano. Assim, considere que você corre 100 m em 12 s, faz a volta e retorna caminhando 50 m em direção ao ponto de partida em 30 s. Com base nessas informações, calcule (a) sua velocidade média de percurso e (b) sua velocidade média para todo o percurso. Note que a velocidade média de percurso está relacionada à distância total percorrida e a variação do tempo, enquanto a velocidade média tem a ver com o deslocamento líquido e a variação do tempo.

RESOLUÇÃO:

Para uso exclusivo do examinador

Id. Pt.:	1º	2º	C	L	A	C	DATA:
----------	----	----	---	---	---	---	-------

APÊNDICE F – FOLHA DE RESPOSTA UTILIZADA NO EXPERIMENTO 2



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO

RESOLUÇÃO

Para uso exclusivo do examinador

Id. Pt.:	1º	2º	C	L	A	C	DATA:
----------	----	----	---	---	---	---	-------