

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

Gabriela Trindade Perry

**UMA PERSPECTIVA COGNITIVA SOBRE O DESIGN DE ARTEFATOS
DIGITAIS EDUCACIONAIS**

Porto Alegre
2010

Gabriela Trindade Perry

**UMA PERSPECTIVA COGNITIVA SOBRE O DESIGN DE ARTEFATOS DIGITAIS
EDUCACIONAIS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação do Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito para obtenção do título de Doutor em Informática na Educação.

Orientador: Fernando Schnaid

Linha de Pesquisa: Paradigmas Para a Pesquisa sobre o Ensino Científico e Tecnológico

Porto Alegre

2010

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
Reitor: Prof. José Carlos Alexandre Netto
Vice-Reitor: Prof. Rui Vicente Oppermann
Pró-Reitor de Pós-Graduação: Prof. Aldo Bolten Lucion
Diretor do CINTED: Profa. Rosa Maria Vicari
Coordenador do PPGIE: Prof. José Valdeni de Lima

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)

P463p Perry, Gabriela Trindade

Uma perspectiva cognitiva sobre o design de artefatos digitais educacionais / Gabriela Trindade Perry; orientador: Fernando Schnaid. Porto Alegre, 2010. 200 f.

Tese (doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação. Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação, 2010, Porto Alegre, BR-RS.

1. Desenvolvimento cognitivo. 2. Design. 3. Interface. 4. Objeto de aprendizagem. 5. Ambiente de aprendizagem. I. Schnaid, Fernando. III. Título.

CDU – 371.694:681.3

Gabriela Trindade Perry

**UMA PERSPECTIVA COGNITIVA SOBRE O DESIGN DE ARTEFATOS
DIGITAIS EDUCACIONAIS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação do Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito para obtenção do título de Doutor em Informática na Educação.

Aprovada em 16 ago. 2010.

Prof. Dr. Fernando Schnaid – Orientador

Prof. Dr. Eliseo Berni Reategui – UFRGS

Profa. Dra. Lia Buarque Macedo Guimarães – UFRGS

Prof. Dr. Celso Carnos Scaletsky – UNISINOS

DEDICATÓRIA

À minha mãe – Vera Lúcia Maidana Trindade – ao “vô” Nelson – que estava torcendo lá de Rio Grande - ao meu marido – Fabrício Celso - e meu filho – Filipe Perry Palmeira.

Ao meu pai – Marcos Luiz Santos Perry - *in memoriam*. Gostaria que pudesses ter visto isso...

AGRADECIMENTOS

Agradeço à CAPES pela bolsa de doutorado e ao PPGIE-UFRGS, pela acolhida e pela vivência, e ao CESUP-UFRGS, pela pronta disponibilização de sua estrutura.

Agradeço ao meu orientador – Fernando Schnaid – pela paciência, pela crença e pela amizade.

Agradeço ao meu filho e ao meu marido, pelo amor incondicional, pela compreensão e, principalmente pela paciência. Prometo a ambos não testá-la novamente tão cedo.

Finalmente agradeço à minha mãe, Vera Lúcia Maidana Trindade, sem a qual nada disso seria possível. Espero ter pelo menos um pouco da tua força para viver a vida como me ensinaste. Este título também te pertence.

RESUMO

No sistema produtivo contemporâneo, o design é uma atividade central, pois responde pelo projeto de bens e serviços. Design não está, todavia, relacionado apenas com as capacidades criativas ou com leituras estéticas do projetista – como faz crer o uso popular da palavra - englobando profissionais dos mais diversos domínios. Um engenheiro eletrônico que projeta circuitos; um engenheiro mecânico que projeta motores; um arquiteto que projeta um edifício; um designer gráfico que projeta uma marca; um analista que projeta um software: todos são designers. Em comum estes profissionais têm o mesmo tipo de problema, e assim o percurso cognitivo destes profissionais é similar. Da mesma forma, espera-se que um designer que projeta um artefato educacional digital também apresente comportamentos semelhantes durante o processo de projeto. Todavia, como é regra para a atividade de design, o projeto de artefatos educacionais digitais tem seus desafios. Neste caso específico, o desafio do designer está no fato de que ele não pode projetar sozinho. Até mesmo nas etapas iniciais do projeto - quando se está gerando idéias e explorando conceitos, quando não se tem clara a forma ou mesmo a estrutura do artefato – o designer não pode projetar sozinho. Isto porque, para este tipo de artefato, o conhecimento e as habilidades do designer precisam ser orientadas por educadores e especialistas no domínio. Neste cenário se colocam as questões de pesquisa desta tese, que buscam compreender qual papel o designer tem enquanto membro de uma equipe de desenvolvimento de artefatos digitais educacionais. Como se entende que o designer não pode projetar este tipo de artefato sozinho, os objetivos específicos desta tese relacionam-se à cooperação com outro especialista: o educador. Deseja-se investigar como estes profissionais constroem colaborativamente o espaço do problema; quais estratégias de projeto os designers utilizam; e se há evidências de sobreposição entre os domínios pertinentes ao problema (neste caso, “educação”, “design” e “química”). Utilizando métodos adaptados à análise de atividades de design, investigou-se a atividade de duas duplas – formadas por um designer e por um educador especialista no domínio – buscando regularidades que pudessem responder à tais questões. Os resultados sugerem que a complexidade do tema não é um fator tão marcante para a qualidade do projeto quanto a estratégia utilizada pelo designer. Quando o designer decidiu tentar “brifar” seu colega – a fim de estruturar seu conhecimento sobre o tema para embasar o projeto – o efeito da complexidade do tema se fez sentir. Já quando o designer buscou integrar rapidamente as informações recebidas de seu colega educador ao projeto - sem antes buscar estruturar seu conhecimento sobre o tema – o efeito do tema foi tênue. Nenhuma destas estratégias corresponde à descrição de processos de design reportadas na literatura. Ao utilizar a estratégia de “integrar o mais rápido possível”, o designer deixou claras algumas de suas concepções a respeito dos processos de ensino e aprendizagem; teorias implícitas provavelmente construídas durante sua exposição à educação formal. Ao usar a estratégia “estruturar para depois projetar”, o designer não demonstrou identificar implicações e potenciais estruturais da orientação teórica seguida pelo seu colega. Estes resultados podem fundamentar – em pesquisas futuras - uma discussão a respeito da necessidade da atenção à formação de designers para trabalhar no projeto de artefatos digitais educacionais.

Palavras-chave: Desenvolvimento cognitivo. Design. Interface. Objeto de aprendizagem. Ambiente de aprendizagem.

PERRY, Gabriela Trindade. **Uma Perspectiva Cognitiva Sobre o Design de Artefatos Digitais Educacionais**. Porto Alegre, 2010. 200 f. Tese (Doutorado em Informática na Educação) – Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação, Cento Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

ABSTRACT

In the contemporary production system, design is a central activity, as it is the mean to provide artifacts and services. Design is not, however, related solely to the creative skills or aesthetic preferences of the designer - as the popular use of the word may seem to - comprising professionals from various fields. An electronic engineer who designs circuits, a mechanical engineer who designs engines, an architect who designs a building, a graphic designer who designs a brand, an analyst who designs software: they are all designers. These professionals have in common the same kind of problem, and thus their cognitive routes are similar. Likewise, it is expected that a designer who designs an educational digital artifact also presents similar behavior during the design process. However, as a rule for the design activity, the design of educational digital artifact has its challenges. In the case of this particular class of problem, the designer's challenge is the fact that he cannot design alone. Even in the early stages of the project – idea generation and concept exploration, when there is no clear shape or structure of the artifact - the designer cannot design alone. This is because, for this type of artifact, the knowledge and skills of the designer need to be guided by educators and specialists in the field. In this scenario, the research questions of this thesis is raised, which seeks to understand what role the designer has as a member of a team of educational development of digital artifacts. How does he build the problem space? What strategies does he use when he has knowledge to design alone? How do the domains of design and education intersect and overlap?

Using methods adapted to the analysis of design activities, the activity of two pairs of subjects were recorded – the pairs consisting of a designer and an expert educator in the field - looking for regularities that could answer the questions of the thesis. The results suggest that the complexity of the subject area (chemistry) was not a factor as remarkable for the quality of the project as the strategy used by the designer. When the designer decided to "brief" his colleague - to structure his knowledge on the subject area to support of the project - the effect of the complexity of the issue was felt. But when the designer sought to quickly integrate the information received from his fellow educator within the project - without first seeking to structure his knowledge on the subject - the effect of topic was tenuous. None of these strategies corresponds to the description of design processes reported in the literature. By using the strategy "integrate as soon as possible", the designer made his perception about the processes of teaching and learning clear: implicit theories probably built during his exposure to formal education. By using the strategy "structure and then design", the designer did not spot potential structural implications of the theoretical orientation followed by his colleague. These results support a discussion about the need of special education for designers who will work with educational digital artifacts.

Keywords: Design cognition, Interface design, Educational digital artifacts

PERRY, Gabriela Trindade. **Uma Perspectiva Cognitiva Sobre o Design de Artefatos Digitais Educacionais**. Porto Alegre, 2010. 200 f. Tese (Doutorado em Informática na Educação) – Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação, Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

SUMARIO

SUMARIO.....	15
1 INTRODUÇÃO.....	18
1.1 Apresentação do problema	18
1.2 Questões de pesquisa	22
1.3 Premissas.....	22
1.4 Justificativa	23
1.5 Objetivo geral.....	23
1.5.1 Objetivos específicos	24
1.6 Delimitações do estudo.....	24
1.7 Estrutura da tese.....	24
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	26
2.1. O QUE É Design?	29
2.1.2. Teoria do design genérico.....	35
2.2 Dois paradigmas.....	46
2.2.1. Design como prática reflexiva.....	47
2.2.2. Design como resolução de problemas.....	52
2.3 Representações do design: sketches	58
2.3.1. Virtudes de sistemas não-notacionais.....	64
2.4. Implicações para um sistema interno de representações.....	66

2.5. Análise de sessões de design	67
2.5.1. Protocolos think-aloud e Análise Verbal.....	68
2.6 Considerações finais.....	83
3 METODOLOGIA	85
3.1. O EXPERIMENTO	86
3.2. TEMAS DAS SESSÕES DE PROJETO	87
3.3. PARTICIPANTES	90
3.3.1. Identificação das duplas e do projeto	93
3.4. MÉTODO DE ANÁLISE	93
3.4.1. Reduzir ou selecionar os protocolos (etapa opcional)	94
3.4.2. Segmentar os protocolos	94
3.4.3. Desenvolvimento um esquema de codificação	96
3.4.4. Aplicar o código aos protocolos.	108
3.4.5. Representar os protocolos codificados (etapa opcional)	109
3.4.6. Procurar padrões no protocolo codificado	109
3.4.7. Interpretar os padrões.....	109
3.4.8. Repetir o processo (opcional)	109
3.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	109
4. RESULTADOS.....	111
4.1. RESULTADOS DOS PROJETOS	112
4.1.1. Sessão EM_DE_EQ(A)	112
4.1.2. Sessão SA_DE_EQ(A)	116
4.1.3. Sessão EM_DI_EQ(B)	121
4.1.4. Sessão SA_DI_EQ(B)	122
4.2. ANÁLISES QUANTITATIVAS	123
4.2.1. Designers e educadores conseguem construir colaborativamente o espaço do problema?	124

4.2.2. Que estratégias o designer usa para projetar quando não possui conhecimentos específicos na área de domínio do projeto?	129
4.2.3. Identificar evidências de sobreposição e cruzamento entre os domínios Educação, Química e Design.....	150
4.3. ANÁLISES QUALITATIVAS.....	151
4.3.1. Investigar se designers e educadores conseguem construir colaborativamente o espaço do problema.	151
4.3.2. Entender que estratégias o designer usa para projetar quando não possui conhecimentos específicos na área de domínio do projeto.	165
4.3.3. Identificar evidências de sobreposição e cruzamento entre os domínios Educação, Química e Design.....	170
4.4. EVIDÊNCIAS DE APRENDIZAGEM DOS PROJETISTAS.	199
4.4.1. Evidências de aprendizagem da dupla DE_EQ(A).....	199
4.4.2. Evidências de aprendizagem da dupla DI_EQ(B).....	208
4.5. LIMITAÇÕES DO MÉTODO DE ANÁLISE.....	213
4.5.1. Ocorrências nas quais pensar em voz alta atrapalhou o fluxo do raciocínio.....	215
4.5.2. Referências à idéias ainda não verbalizadas.	216
4.5.3. Sujeitos não expressam conhecimentos anteriores que os levam a tomar decisões.	218
4.5.4. A linguagem usada pelos sujeitos não é clara.....	218
5 CONCLUSÃO	220
5.1 Designers e educadores conseguem construir colaborativamente o espaço do problema?.....	221
5.2 Que estratégias o designer usa para projetar quando não possui conhecimentos específicos na área de domínio do projeto?	223
5.3 Identificar evidências de sobreposição e cruzamento entre os domínios Educação, Química e Design.	226
5.4 Evidências de aprendizagem dos projetistas.....	???
5.5 Fechamento	
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	200

1 INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

No sistema produtivo contemporâneo, o design é uma atividade central, pois é responsável pelo projeto de bens e serviços. Design não está, todavia, relacionado apenas com as capacidades criativas ou com leituras estéticas do projetista – como faz crer o uso popular da palavra - englobando profissionais dos mais diversos domínios. Um engenheiro eletrônico que projeta circuitos; um engenheiro mecânico que projeta motores; um arquiteto que projeta um edifício; um designer gráfico que projeta uma marca; um analista que projeta um software: todos são designers. Em comum estes profissionais têm o mesmo tipo de problema, classificado como mal definido, segundo os termos de Reitman (apud Goel, 1995), ou como “perversos”, segundo os termos de Zimrig e Craig (2001). Estas denominações servem para marcar o contraste dos problemas típicos de design com problemas ditos “bem estruturados”, ou seja: aqueles em que os estados inicial e final e as transformações possíveis entre os estados são definidos (ver Newell e Simon (1972) para as definições destes conceitos). Um exemplo de problema bem-estruturado é o jogo da velha; o estado inicial sempre é caracterizado por um conjunto de nove posições, as transformações entre estados são sempre as mesmas, seguindo o mesmo conjunto de regras e o estado final – vitória ou empate – têm sempre as mesmas características. É possível construir uma árvore com todos os estados deste jogo e, uma vez conhecendo o estado atual, indicar qual o conjunto de possíveis estados futuros.

Por outro lado, não é possível desenhar uma árvore de estados para problemas de design, pois, como dito anteriormente, não se pode definir de forma conclusiva os aspectos do problema. Segundo Goel (1995), assemelham-se aos problemas de design os problemas da arte: da mesma forma que um designer de automóveis, um poeta não tem um conjunto pré-definido de opções para começar um poema; tampouco as regras para passar de uma palavra à outra estão definidas de forma rígida; e determinar quando se deve parar de escrever não é uma ação – como todas as que lhe antecedem – determinada fora do problema e do sujeito que o resolve.

Olhando por este prisma, chega-se à conclusão que muitos problemas podem ser classificados como mal estruturados – abriu-se tanto o escopo da definição que enquadrar um determinado problema nesta categoria deixa de ter relevância para a análise. Por este motivo, a análise será limitada a problemas de design¹. Sendo assim, os problemas enfrentados pelo engenheiro eletrônico, pelo arquiteto, pelo designer gráfico e pelo analista de sistemas poderiam ser tema de uma tese sobre Cognição em Design. Porém, como este trabalho se inscreve na área de Informática na Educação, devem ser investigados aspectos relacionados ao projeto de artefatos digitais educacionais. E é neste ponto que surge uma particularidade deste tipo de artefato, uma característica que torna o tema relevante tanto para o estudo do design quanto da educação: um designer não está preparado para projetar sozinho um artefato digital educacional, nem mesmo nos momentos mais iniciais.

Apesar de, na maioria dos projetos o designer não estar preparado para projetar sozinho – e por isso equipes multidisciplinares são formadas e consultorias são contratadas – a dependência destes profissionais frequentemente não é tão grande.

¹ Certamente a delimitação entre o que é e o que não é um problema de design interessa a este trabalho; e será feita na Revisão Bibliográfica.

Ainda que outros profissionais colaborem com o designer em etapas anteriores ao refinamento, à especificação e ao detalhamento, o designer pode expressar sua experiência no projeto de forma mais ou menos autônoma, estando mais livre para exprimir seu “estilo”².

Acredita-se que não é este o caso para designers de artefatos digitais educacionais. Em se tratando de design, cada projeto é um universo novo. Em se tratando de artefatos educacionais digitais, cada projeto traz – em seu tema – uma nova área do conhecimento que o designer não domina. Mesmo que ele saiba que vai construir um artefato para, por exemplo, ensino de História do Brasil-República, seus estudos não irão prescindir de um especialista em História. Além da dimensão do domínio – História, Química, Matemática – há a dimensão educacional. O especialista no domínio traz consigo não apenas a experiência de sala de aula, mas também uma interpretação do processo de ensino-aprendizagem mediada por teorias formais, que lhe foram ensinadas durante o curso de graduação. Posto desta forma, o designer se torna dependente do especialista no domínio já nas etapas iniciais do projeto, já que é ele que detém as respostas para as perguntas “o que” e “como?”.

Certamente se pode contra-argumentar: mas não será este o caso em todos os demais projetos? Acredita-se que sim, porém não na mesma medida. Por exemplo: é possível um estudante de design projetar um sofá sem conhecer tópicos sobre seleção de materiais, processos industriais, marcenaria e ergonomia. Porém não se acredita que seja possível que este mesmo estudante consiga projetar um artefato educacional para ensino de “solubilidade em água” sem conhecer química. No caso do sofá, mesmo sem possuir conhecimentos “instrumentalizadores” (como os citados), o projeto – conceito e forma –

² Entre aspas pois não é objetivo desta tese debater estilo.

pode ser realizado. No caso do artefato sobre química, o projeto – conceito e forma – não pode ser realizado.

Acredita-se que esta seja uma característica marcante deste tipo de projeto: há nele uma “componente importante de problema bem estruturado”. E a intuição que guia esta tese é que os processos de projeto com esta natureza (com esta “componente importante de problema bem estruturado”) podem ser diferentes dos projetos considerados prototípicos de design: projetos em que o designer está mais “livre”. Imediatamente esta proposição levanta a questão sobre como determinar esta “componente”, já que a maioria dos problemas de design têm algo de bem estruturado. No entanto, esta tese não pode empreender esta tarefa, pois se entende que faltam elementos para responder a esta pergunta. Sendo assim, coloca-se esta questão como um desdobramento possível da pesquisa desta tese.

Desta forma, coloca-se o problema desta tese, que é investigar qual o papel do designer no projeto de artefatos digitais educacionais. Como ele apreende o saber do especialista e o utiliza para criar os conceitos fundamentais do artefato? Como o espaço do problema é compartilhado? Como as especialidades de cada um se cruzam ou se sobrepõe?

Já que se pretende tratar de problemas de design nesta tese, será preciso lançar mão de uma teoria que suporte a análise de forma adequada. A base teórica parte de duas teorias antagônicas - de Herbert Simon e de Schön – para chegar numa terceira – Teoria do Design Genérico, de Goel. Simon, em seu livro *The Sciences of the Artificial* delineou o comportamento de um Sistema de Processamento de Informação que resolve problemas de forma satisfatória, sem nunca chegar a uma solução ótima. Esta teoria foi inserida dentro da pesquisa em cognição em design por autores como Ömar Akin

(operações cognitivas realizadas durante a resolução de problemas). Por sua vez, Schön apresenta uma visão mais humana do fazer do designer, colocando a geração de conhecimento em design dentro da realização da tarefa. Para Schön, o que define design não são limitações da estrutura cognitiva, e sim uma forma genuinamente diferente de produzir sentido. Entre os autores alinhados com a visão de Donald Schön cita-se Gabriela Goldschmidt (análise de atividades de design). Goel, por sua vez, aponta as limitações da Teoria Computacional na Mente (e, por conseguinte as limitações em Simon), porém nos deixa sem uma teoria que modele a realização de tarefas de design. Por este motivo, a análise feita nesta tese não é “de baixo nível”, como por exemplo, se vê em Akin (1986).

1.2 QUESTÕES DE PESQUISA

A questão central desta pesquisa gira em torno da importância do designer como projetista de artefatos digitais educacionais. A partir deste ponto de interesse gravitam questões sobre os papéis desempenhados pelo designer e pelo especialista em educação; sobre o compartilhamento do espaço do problema e sobre a evolução do projeto.

1.3 PREMISSAS

As questões de pesquisa colocadas nos objetivos serão respondidas partindo-se da premissa que, para problemas mal definidos, é impossível conhecer ou individuar os estados que compõe o espaço do problema. Esta premissa irá pautar a metodologia empregada nesta pesquisa, resultando numa análise “em alto nível”.

1.4 JUSTIFICATIVA

A compreensão do papel do designer dentro de equipes de projeto de artefatos digitais educacionais insere-se no escopo tanto da pesquisa em Informática na Educação quanto na pesquisa sobre Cognição em Design. Esta sobreposição de interesses dá o grau interdisciplinar desta pesquisa.

Do ponto de vista de Informática na Educação, a pesquisa se relaciona com a qualidade dos artefatos produzidos: um designer trabalhando como projetista (e não como responsável apenas pela aparência) aumenta a qualidade do projeto; logo estes virão a ser parte das equipes como projetistas com maior frequência. Isto implicaria aumento da demanda por designers capacitados a projetar este tipo de artefato.

Do ponto de vista da Cognição em Design, há interesse em observar a interação de projetistas com formação e experiências diferentes entre si, para a criação de um tipo artefato que não costuma ser tema de pesquisas nesta área.

1.5 OBJETIVO GERAL

O objetivo desta tese é compreender qual o papel que o designer tem enquanto membro de uma equipe de desenvolvimento de artefatos digitais educacionais. Para tanto, será analisado, de um ponto de vista cognitivo, as primeiras fases de projeto de um artefato digital para ensino de Química, do qual participam um designer e um educador (especialista no domínio). Escolheu-se analisar as etapas iniciais, pois se acredita que é ali que o designer pode fazer uma contribuição mais significativa.

Espera-se que esta investigação amplie o entendimento a respeito de projetos que demandam o domínio de conhecimentos instrumentalizadores para serem iniciados.

1.5.1 Objetivos específicos

As questões de interesse desta tese relacionam-se com a colaboração entre designer e educador. Assim, colocam-se os objetivos específicos:

- Investigar se designers e educadores conseguem construir colaborativamente o espaço do problema.
- Entender que estratégias o designer usa para projetar quando não possui conhecimentos específicos na área de domínio do projeto. Esta questão pode estar relacionada tanto ao gerenciamento do processo – quanto tempo se permanece em cada etapa - e ao papel desempenhado pelo designer.
- Identificar evidências de sobreposição e cruzamento entre os domínios Educação, Química e Design.

1.6 DELIMITAÇÕES DO ESTUDO

Principalmente por questão de tempo, esta pesquisa não buscará dados sobre Educação em Design. O objetivo de perseguir tal meta seria aperfeiçoar a forma como designers são formados para trabalhar com projeto de artefatos digitais educacionais. Ainda que esta pesquisa possa trazer algumas diretrizes – elaboradas em razão da observação da diferença de comportamento entre designers experientes e iniciantes – estas não serão apresentadas como conclusivas.

1.7 ESTRUTURA DA TESE

A organização desta tese apresenta a seguinte disposição: o primeiro capítulo apresenta uma contextualização da pesquisa bem como do problema, os objetivos gerais

e específicos e as contribuições esperadas. No capítulo 2 – revisão Bibliográfica – é apresentado o contexto teórico que contextualiza o design como um tipo diferente de problema, que demanda processos cognitivos especiais e que, por isso, constitui uma forma diferente de resolver problemas. No capítulo 3 – Metodologia - se apresentam as metodologias de pesquisa mais utilizadas nesta área, com foco no método utilizado para analisar os dados. No capítulo 4 – Resultados – se tem a descrição dos resultados, partindo da análise dos objetivos específicos, obtidos através de análises quantitativas e qualitativas. E no capítulo 5 – Conclusão – são apresentadas as considerações e perspectivas de pesquisas futuras. No capítulo 6 são apresentadas as referências bibliográficas consultadas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Problema 1: Resolva o seguinte quebra-cabeças (SIMON, 1996):

$$\begin{array}{r} \text{DONALD} \\ + \text{GERALD} \\ \hline \text{ROBERT} \end{array}$$

Problema 2: Um nadador percorre uma piscina de 50m de comprimento em 25s. Determine a velocidade média desse nadador.

Problema 3: Projete um software para ensino de equilíbrio químico (ensino médio), que possa ser utilizado para demonstrar concepções ingênuas associadas a este tema.

Problema 4: Expresse as emoções provocadas pelo retorno à casa onde você passou sua infância.

Seriam estes quatro problemas diferentes entre si? Se forem, o que os diferencia? Esta diferença é superficial ou profunda? A resposta para estas questões pode introduzir os problemas com os quais se ocupa a pesquisa em Cognição em Design, bem como as teorias que a embasam.

A nível superficial se pode dividir estas quatro questões em dois grupos: um bastante estruturado e outro menos estruturado. Em conversas informais, no dia-a-dia,

percebe-se inclusive o uso de “rótulos” para separar uns dos outros: à matemática e à física; chamamos “exatas”, e ao design e a arte; chamamos “humanas”. Esta fronteira é tênue, e por isso a diferença entre estes quatro problemas deve ser mais precisa.

A distinção entre problemas bem e mal estruturados foi feita por Reitman (apud Goel, 1995), para quem um problema pode ser caracterizado como um vetor [A, B, =>], sendo A e B os estados inicial e final e => as funções de transformação. Quando um destes componentes é mal definido, o problema é considerado mal estruturado. Reitman (apud Goel, 1995) dá como exemplo a tarefa “compor uma fuga”: o único requisito é que a composição tenha uma “qualidade de fuga” (*fugueness*, como utilizado pelo autor). Isso serviria para separar os problemas 1 e 2 dos problemas 3 e 4 – e criar uma hierarquia entre estes dois últimos, já que o problema 4 é ainda menos definido que o problema 3. Todavia, esta definição foi questionada por Simon (1973), para quem “problemas mal estruturados é uma classificação vaga e ilusória”. A análise de Simon parte do modelo para resolução de problemas composto por dois elementos: os estados do problema - inicial e final - e as operações - funções de avaliação e de transformação - (NEWELL e SIMON, 1972). Simon (1973) argumenta que, quando um problema é gradualmente decomposto, o espaço do problema (a coleção de estados e operações) se modifica continuamente. Não faria sentido, do ponto de vista de otimização de recursos cognitivos, reunir todas as informações em um único espaço do problema; o melhor seria decompor o problema em vários subproblemas que, à medida que são solucionados, reduzem o espaço de busca e propagam comprometimentos. Por isso Simon afirma que para cada subproblema, há um novo espaço do problema. Sendo assim, além das limitações cognitivas do ser humano, o tamanho da base de conhecimentos também dá aos problemas mal estruturados as características que eles apresentam. Simon dá como

exemplo o jogo de xadrez (que, pela definição de Reitman é um problema bem estruturado). No entanto, com seus 10^{120} estados possíveis (Simon, 1996), é um problema impossível de conhecer para a mente humana, i.e. é um espaço que excede nossa capacidade cognitiva (Simon, 1973, p.186). A observação de Simon (1973) que a maioria dos problemas que resolvemos tem componentes mal definidos procede, o que nos deixa com uma categoria tão numerosa que não é de muito auxílio.

Por este motivo, nesta pesquisa, ao invés de usar o termo “mal estruturado”, se usará “problemas de design”. Como notaram Goel (1995) e Akin (1986), esta delimitação pode ser mais simplista, mas também pode ser empregada – já que tanto as componentes de Reitman quanto de Simon sobre problemas mal estruturados são necessárias a problemas de design, e a questão passa a ser se elas são suficientes. Goel decide usar esta distinção porque ele se propõe modelar espaços de problema de atividades de design – de forma que outros tipos de problemas mal estruturados não lhe interessam. Já Akin decide não se comprometer com a definição do que seria um problema mal estruturado (AKIN, 1986, p.21), e coloca certas características do espaço do problema como premissas de sua pesquisa. Zimrig e Craig (2001) lembram que problemas de design também podem ser classificados como perversos (*wicked*), no sentido que, quando um problema é resolvido, outro pode ser criado: “todo problema perverso pode ser considerado sintoma de outro problema” (p. 137). Esta percepção é coerente com a análise histórica da evolução dos objetos de Petroski (1992), para quem os objetos estão em permanente evolução através de um processo de melhoria contínua. Cross (1990) vai mais longe e afirma que design pode ser considerado um tipo de inteligência, nos termos de Gardner.

No entanto, estas posições, apesar de contextualizar o problema acabam por criar outro: é preciso definir design. Ressalta-se que o reconhecimento do design como uma categoria de problemas é importante, pois justificaria a necessidade de construir uma teoria (uma ciência do design) em torno dele. É este debate que abre o capítulo. Em seguida, apresentam-se duas das mais importantes teorias sobre design.

2.1. O QUE É DESIGN?

Delimitar design também não tem se mostrado simples. A pergunta inicial, “o que é (ou o que não é) design?” ao que parece, ainda não tem resposta. A resposta foi abordada por alguns pesquisadores a partir do tipo de problema e a partir dos processos cognitivos realizados. Em primeiro lugar cita-se Goldschmidt (1997), para quem os problemas de design não são apenas mal estruturados, são também indeterminísticos³, pois o solucionador precisa “importar” informações adicionais para o espaço do problema, o que faz com que não seja possível saber sobre o espaço do problema em um instante t_{n+1} . Esta importação “não obedece a nenhuma regra; podendo vir de qualquer domínio e ser representada por qualquer meio” (p. 442). O espaço do problema, para ser modelado, precisaria ser descrito por estado e operadores (que teriam o mesmo status, sendo ambos considerados nós numa rede) e por links, que seriam as relações $n:n$ entre operadores e estados. O trabalho de Goldschmidt relaciona-se com o de Goel (1989, 1992 e 1995), que fez o caso mais forte sobre os limites do design – e que será apresentado mais adiante. Outra perspectiva sobre a relação entre design e tipo de problema é encontrada em Zimrig e Craig (2001), que argumentam que definir os limites do design através dos tipos de problema – mal estruturados e perversos – não é viável, pois nenhum destes tipos descreve design de forma geral. Sobre a dificuldade em definir

³ Tradução literal de *indeterministic*, conforme usado pela autora.

design, Dorst e Lawson (2009) afirmaram – com muito bom humor - que “o design é o ornitorrinco do mundo cognitivo”, pois não é nem arte nem ciência.

Há, no entanto, outra forma de se responder a mesma pergunta, questionando-se se as atividades reconhecidas como design (prototípicas) pertencem ao mesmo conjunto. A forma mais conhecida é a da hipótese da independência do domínio. Ela pode ser colocada da seguinte forma: a arquitetura, o desenho industrial e a engenharia são diferentes entre si? Se forem, existem invariantes? Se existem, quais são? Se houver invariantes, talvez se possa defender design com uma categoria à parte de problemas – e quem sabe até uma ciência do design, que requer uma epistemologia própria. Se houver variantes, talvez se possa argumentar sobre a necessidade de currículos específicos de acordo com cada domínio. Na prática, quem se propôs a definir design por este viés, vai buscar por características da prática profissional ou dos processos cognitivos relacionados a estas práticas.

De uma forma geral, parece que a comunidade de pesquisa em design aceita melhor a idéia do design independente do domínio. Os argumentos a favor deste posicionamento giram em torno da existência de processos verificados em estudos de atividades em diferentes práticas profissionais⁴. Cross (2001) é um dos defensores desta idéia. Ele coloca como argumento diversos estudos que verificaram semelhanças na formulação dos problemas; na geração de solução e na utilização de estratégias de busca. Sobre a formulação de problemas, Dorst e Cross (2001) notam que, pelo fato do estado inicial não ser bem especificado, o designer acaba por mudar o problema, ampliando ou reduzindo o foco. Pelo mesmo motivo, o objetivo também pode sofrer transformações ao longo do processo. Akin (1986) aponta que “uma das características

⁴ Segundo Visser (2006, p. 188) apenas Goel conduziu experimentos que relacionassem diferentes práticas profissionais, de forma que a hipótese da dependência do domínio não chegou a ser encarada.

únicas do comportamento de design é a geração constante de novos objetivos e redefinições de restrições”. Ainda sobre a formulação de problemas, Atman et al. (1999), investigando a correlação entre desempenho e processo de projeto em estudantes iniciantes e graduandos de engenharia, encontrou relação negativa entre o tempo gasto em enquadrar o problema e a qualidade das soluções para calouros; positiva para graduandos.

Este dado traz à tona uma das características mais marcantes do designer: o foco na solução ao invés de no problema. Arrisca-se dizer que os artigos de Dorst e Cross (2001) *Creativity in the design process: co-evolution of problem–solution* e de Lawson (1979) *Cognitive strategies in architectural design* sejam dois dos mais emblemáticos sobre esta característica. O artigo de Lawson traz um experimento comparando o desempenho de arquitetos e cientistas, cujo resultado demonstrou que “os cientistas tentaram descobrir a estrutura do problema; enquanto os arquitetos precediam gerando uma seqüência de soluções satisfatórias até que uma delas era escolhida”. Lawson talvez tenha sido o primeiro a notar a orientação para a solução dos designers. Cross (2004) também conclui⁵ que designers – e especialmente designers especialistas – se comportam de forma diferente de especialistas em domínio estruturados, reforçando a idéia de serem focados na solução. Dorst e Cross (2001), cuja importância reside no fato de terem apontado para um mecanismo que explica este foco na solução, encontraram evidências que à medida que os sujeitos compreendiam o problema, as soluções eram geradas – como se uma “ponte” entre o espaço do problema e o espaço da solução⁶ fosse construída. Nas palavras dos autores, “nossas observações confirmam que o

⁵ A partir de uma revisão.

⁶ “Espaço da solução” não é um termo que exista na nomenclatura da teoria de processamento de informação, de Newell e Simon (1972). Dorst e Cross não se inscrevem como defensores desta teoria para modelar design (ver Dorst, 1997 e Cross, 2001).

design criativo envolve um período de exploração no qual os espaços do problema e da solução são instáveis e em evolução, até que estejam (temporariamente) fixos por uma ponte que identifica uma ligação entre problema e solução” (p.435).

Cross (2007, p. 73) coloca que há algumas formas principais de fazer esta “ponte”, e que dominar estes mecanismos pode ser uma das chaves para a expertise em design: combinação, mutação, analogia, emergência e primeiros princípios. Combinação seria quando características de artefatos existentes são combinadas numa solução nova. Mutação seria o processo de transformar características; uma forma de adaptação. Analogia também é uma forma de adaptação, porém mais sutil que a mutação. Zimrig e Craig (2001) sugeriram que o raciocínio através de analogias poderia ser um dos processos cognitivos mais representativos da atividade de design. Emergência é a descoberta de propriedades novas em designs existentes, e tem relação com reconhecimento de características (outro mecanismo que Zimrig e Craig crêem relevante). Raciocinar utilizando “primeiros princípios”, ou seja, conhecimentos específicos do domínio que são utilizados para balizar o processo de resolução é algo que apenas designers especialistas poderiam fazer, pois é uma forma de diminuir o espaço do problema. Dado um domínio (por exemplo: design gráfico), o designer buscaria por princípios (que podem ser boas práticas ou heurísticas) que ele sabe que podem ser aplicados ao problema em questão, reduzindo o espaço do problema.

Ho (2001) confirma que conhecimentos relacionados ao acúmulo de experiência (primeiros princípios e soluções semelhantes) afetam a busca e a geração de soluções. Ho afirma que designers experientes utilizam estratégias de decomposição explícita do

problema⁷ na busca por soluções. Ainda que ambos (experientes e iniciantes) comecem a abordar o problema a partir da solução, os iniciantes não parecem capazes de decompor o problema de forma explícita. Liikkanen e Perttula (2009) por sua vez, mostraram que os designers de uma maneira geral utilizam mais decomposição implícita do que explícita. Liikkanen e Perttula (2009) situam a decomposição como uma estratégia “fraca” de resolução de problema, ou seja, independente do contexto (estratégias “fortes”, dependentes do contexto, tenderiam a gerar soluções mais concretas, porém não podem ser aplicadas a todos os problemas). As autoras criaram um modelo cognitivo do processo de geração de idéias, no qual, dado um problema, a primeira tentativa seria resolver através de “reconhecimento”, o que levaria a uma solução correta e num passo apenas. Isso acontece quando o designer identifica uma solução usada previamente em outra situação. Quando isso não é possível, tenta-se chegar a uma estrutura para abordar o problema através de decomposição implícita. As autoras concluem que, considerando este modelo, é provável que a razão para os designers iniciantes não terem usado decomposição explícita foi o fato de não terem uma base de conhecimento larga o suficiente (e parece que é o tamanho desta base nos designers experientes que torna decomposição explícita possível). Provavelmente é por isso que métodos baseados em decomposição explícita são fundamentados em boas práticas.

O fato de serem focados na solução é causa de outra característica observada em análises de processos de design: a geração de poucas alternativas, um fenômeno conhecido como “fixação” (CROSS, 2004; NEWSTTER e MacCRACKEN, 2001; PURCELL e GERO, 1996) observado tanto em designers iniciantes como em designers experientes. Provavelmente isto ocorra pelo mecanismo de “ponte” entre o espaço do

⁷ Ho identifica a ocorrência de uma “decomposição explícita” quando o sujeito menciona a intenção de decompor o problema e quando ela é realizada conforme o plano.

problema e da solução – ater-se a uma alternativa é uma forma de diminuir o espaço do problema. Outra consequência do foco na solução é o comportamento “oportunista” registrado em alguns estudos (CROSS, 2001): apesar de ser possível identificar fases bem definidas durante o processo de projeto (ATMAN *et al.*, 1999), em alguns momentos os designers se comportam de forma oportunista, desviando de planos para chegar à solução através de atalhos.

Numa perspectiva um tanto diferente, Zimrig e Craig (2001) propõe o que eles chamaram de pesquisa *à la carte*, ou seja, uma pesquisa sobre design orientada por processos cognitivos relacionados ao design. Os autores sugerem que ao invés de focar em domínios da prática, focar nos processos: raciocínio através de analogias, busca pela coerência, simulações mentais, modelagem dinâmica, argumentação e tomada de decisão (p. 142). Os benefícios de tal abordagem seriam de dois tipos: (1) integraria de forma mais adequada a pesquisa em design com a pesquisa em cognição em geral e (2) permitiria a generalização dos dados entre diferentes práticas profissionais. De um ponto de vista neurológico, Goel (2001) afirma que é preciso mais que conhecimentos procedurais para projetar. Goel analisou os protocolos de dois arquitetos - sendo um com danos no córtex pré-frontal, predominantemente do lado direito e outro sem lesões. O sujeito com lesões, apesar de ter um QI alto e não ter afetada sua capacidade de desenhar, não conseguia sair da fase de estruturação do problema e entregar o projeto. Desta forma, Goel afirma ter bases para reconhecer a distinção entre dois tipos de conhecimentos necessários à execução de atividades de design: um declarativo e procedural e outro com base na experiência.

Até este ponto foram apresentados resultados e debates sobre invariantes de design: todos os profissionais em todos os domínios do design exibiriam estas

características. Todavia, há estudos sobre as variantes do design; as características que diferenciam um domínio de outro. Akin (2001) coloca quatro variantes da arquitetura: representações ricas, uso indiscriminado de estratégias inventivas, esquema de decomposição de problema fora de padrões e estratégias para gerenciamento da complexidade. Todavia, Akin definiu variantes da arquitetura em contraste com a engenharia⁸: poderiam estas conclusões ser entendidas às demais práticas de design? Será que elas capturam em profundidade as diferenças existentes? De acordo com Zimrig e Craig (2001) estes estudos, por focarem em disciplinas, podem esconder aspectos mais complexos da diferença entre os praticantes (p. 127). É também esta a crítica de Visser (2009), para quem uma teoria integradora do design só será possível quando estudos comparativos de processos cognitivos em diferentes domínios forem realizados.

2.1.2. Teoria do design genérico

A teoria do design genérico foi escolhida nesta tese para afirmar que “problemas de design são uma categoria à parte”. O motivo desta escolha é que dentre as abordagens teóricas pesquisadas (*i.e.* Simon e Schön), esta teoria é mais atual e busca compreender o espaço do problema do design em “baixo nível”. Esta teoria começou a ser construída em 1989, no artigo *Motivation the notion of generic design within information processing theory: the design problem space*, de Goel e Pirolli; foi aumentada em *The structure of the design problem space* (GOEL e PIROLLI, 1992) e concluída em *The sketches of thought* (GOEL, 1995), livro que apresenta a tese de forma completa. A estrutura da argumentação de Goel será utilizada para apresentar uma fundamentação sólida para a teoria do design genérico; uma teoria integradora do design, e também para fundamentar a análise das teorias que descrevem design.

⁸ Sem especificar qual.

A estratégia de Goel para fundamentar uma teoria integradora do design é bastante diversa das expostas anteriormente: Goel não procura listar características ou processos cognitivos importantes para o design. Além disso, não há como saber quando a lista chega ao fim; não se tem uma expectativa do progresso do esforço. Certamente não se considera que tais trabalhos não sejam importantes – eles trazem dados que auxiliam a traçar o perfil da atividade. Porém, conforme colocado anteriormente, se usará a teoria proposta por Goel como base desta pesquisa.

Goel parte dos construtos colocados na teoria de processamento da informação - pois além de serem úteis para descrever componentes principais do design, permitem um comprometimento a alto nível – o espaço do problema, o solucionador de problemas (IPS, *information processing system*, conforme NEWELL e SIMON, 1972) e o ambiente da tarefa. Resumidamente, o que Goel fez foi definir algumas características do espaço da tarefa e verificar quais as implicações destas características no espaço do problema, em atividade de design e atividades prototípicas de espaços de problema bem estruturados (às quais Goel chamou “não-design”), dentro da teoria de processamento da informação⁹. Goel postulou a “hipótese do espaço do problema”, da seguinte forma (GOEL, 1995, p. 83):

- a) Especificar características salientes da estrutura cognitiva do designer;
- b) Especificar características salientes ou invariantes do ambiente da tarefa;
- c) Mostrar que eles constituem um conjunto único de invariantes não encontrados em ambientes da tarefa arbitrários;

⁹ Que Goel reconhece ser “*the only game in town*”.

- d) Deixar que o espaço do problema seja moldado por estes dois conjuntos de restrições;
- e) Notar a estrutura do espaço do problema e fazer conexões explanatórias entre esta estrutura e o ambiente da tarefa e o IPS;
- f) Mostrar que a estrutura de pelo menos alguns espaços de problema não-design são muito diferentes de espaços de problema de design;
- g) Aplicar o argumento de Newell e Simon (1972) de que, dada a estrutura cognitiva do solucionador como constante através de todas as atividades cognitivas, qualquer diferença interessante no espaço do problema de várias tarefas diferentes será função do ambiente da tarefa;
- h) Afirmar que estas características são invariantes de situações de design e que coletivamente constituem um espaço de problema de design.

Sobre os itens que tratam das características do designer, Goel lembra que, para Newell e Simon, o solucionador de problemas – que pode ser tanto um homem quanto um autômato ou programa de computador – é uma instância de PSS (*physical symbol system*, segundo Newell e Simon, 1972, p. 136 e Simon, 1996, p.21). Apesar de Goel ter restrições em relação à possibilidade de PSS possuírem capacidades cognitivas que permitam a resolução de problemas de design (GOEL, 1995, capítulos I e II), ele também toma o solucionador como constante, o que anula as limitações (teóricas) dos PSS.

Em seguida, Goel enumera doze características que ele acredita salientes e exclusivas ao ambiente da tarefa de design (1995, p. 85, 86):

1. Disponibilidade de informação: sempre faltando ou incompleta.
2. Natureza das restrições: éticas, sociais, econômicas. Não são lógicas / científicas.
3. O tamanho e complexidade dos problemas são grandes.
4. Partes componentes: a estrutura do problema não deixa claro como subdividi-lo em partes menores. Esta divisão é feita com base na experiência.
5. Interconectividade das partes: não é lógica – não há uma relação lógica entre as divisões do problema.
6. Não existem respostas completamente certas; apenas soluções satisfatórias¹⁰.
7. Input/output: a entrada é o briefing¹¹, a saída é o documento de especificação.
8. Loop de realimentação: não há retorno do “mundo” durante o projeto. Não é como um programa de computador, que se pode compilar.
9. Custo dos erros: alto.
10. Funcionamento independente do artefato: independente do designer, o artefato tem que funcionar.
11. Distinção entre especificação e entrega: a especificação é distinta da construção e entrega do artefato.
12. Especificação temporal entre especificação e entrega: separadas no tempo.

Goel então pediu que profissionais das áreas de arquitetura, engenharia mecânica e design instrucional realizassem uma tarefa, de acordo com sua área de atuação¹²,

¹⁰ Simon (1996) usa este adjetivo para qualificar soluções de problemas de design.

¹¹ *Briefing* é como designers referem-se à demanda feita pelo cliente. Para uma definição mais completa, remete-se o leitor a Fuentes (2006)

totalizando 16 protocolos. Além disso, também pediu que estudantes de graduação resolvessem um quebra cabeças aritmético (como o que abre este capítulo) ou a tarefa de Moore-Anderson (prova de teorema), totalizando 4 protocolos. A intenção é mapear as doze características listadas anteriormente com características do espaço do problema, e ver se estas características são comuns a problemas de design e não-design. As que pertencerem apenas às atividades de design serão consideradas invariantes do espaço do problema de design (figura 1).

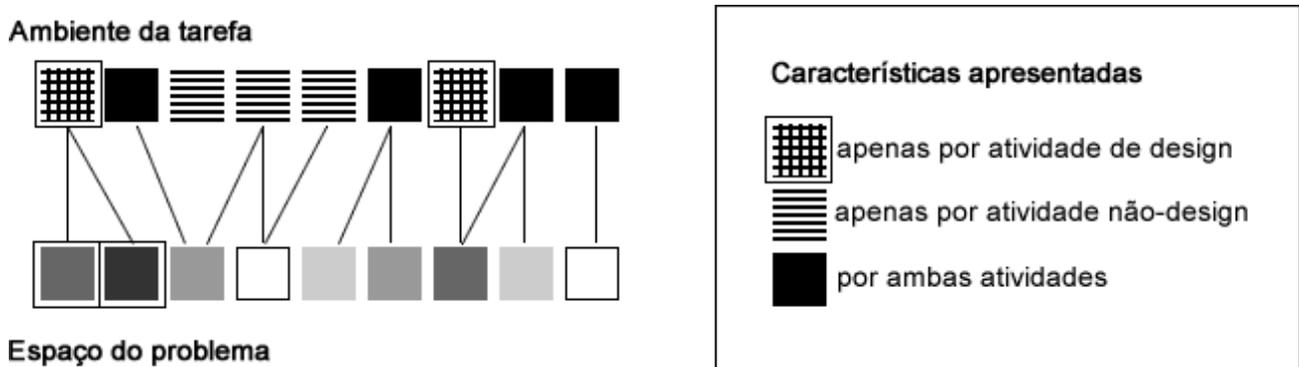


Figura 1 Mapeamento entre características do ambiente da tarefa e do espaço do problema. Produzida pela autora da tese.

Esta figura assume ser possível conhecer o ambiente da tarefa e o espaço do problema apenas a título de ilustração. Nela estão representadas as características do ambiente da tarefa (os quadrados da linha de cima) e as características do espaço do problema (os quadrados da linha de baixo). Os quadrados da linha de cima que têm uma borda representam as características do espaço da tarefa presentes apenas em atividades de design. Estas características podem ser, na teoria de Goel, mapeadas nas características do espaço do problema, sendo que, na figura 1, apenas a primeira e a segunda característica do espaço do problema seriam de interesse, pois são mapeadas com uma característica do ambiente da tarefa apresentada apenas por atividades de

¹² Arquiteto: posto de correio automatizado; engenheiro: máquina de venda de selos automática; designer instrucional: software para ensinar leigos sobre um software razoavelmente complicado.

design. O resultado destas doze características do espaço de tarefa de design no espaço do problema está listado a seguir:

1. Regras pessoais para parar (de resolver um subproblema) e para avaliar as soluções: porque não há respostas certas ou erradas, nem como verificar a correção do projeto enquanto se projeta, as regras para parar de resolver problemas e para avaliar soluções são derivadas da experiência do designer.
2. Predominância da lembrança e inferências não demonstrativas: porque há poucas restrições lógicas, a maioria das decisões resulta de recordações e inferências não dedutivas.
3. Reversão de direção da transformação: como o problema não é especificado, o designer pode negociar os parâmetros do problema.
4. Modularidade / decomposição: como os problemas são grandes (em comparação com problemas bem estruturados) e não há uma forma lógica de dividi-lo em partes menores, o designer escolhe a quais conexões atender, podendo ignorar outras. Esta característica é bastante referenciada na literatura de cognição em design, conhecida como decomposição em "*leaky modules*"¹³ (p.103); módulos conectados parcialmente.
5. Desenvolvimento incremental do artefato: as idéias são desenvolvidas em ciclos, e raramente são descartadas ou substituídas¹⁴.

¹³ Optou-se por utilizar o termo em inglês, pois se considera que a tradução literal "módulos que vazam" não reflete o conceito com a mesma elegância.

¹⁴ Remete-se o leitor ao conceito de "fixação", citado por Cross, 2004, Newstetter e MacCracken, 2001 e Purcell e Gero, 1996.

6. Estratégias de controle: uso de um “modo de compromisso limitado” (LCM – *limited commitment mode*, como usado por Goel) que permite que designers gerem alternativas e testem em diversos contextos. Estas estratégias de pouco compromisso se referem ao uso efetivo das soluções geradas dentro dos módulos (subdivisões do problema). Investigando neste nível, Goel nota que há um movimento de retorno a módulos usados anteriormente. Isso é diferente do que se observa em resolução de problemas bem estruturados: a maior parte da resolução acontece dentro do módulo. A hipótese é que, nestes casos, voltar a outro módulo seria como voltar atrás no estado de resolução do problema. Se ele efetivamente faz isso, é porque percebeu que o caminho que tomou para resolver o problema não leva a lugar algum – isso não “enriquece” o conhecimento sobre o problema.
7. Fazer e propagar comprometimentos: através do processo de projeto até a especificação.
8. Fases distintas dentro do processo de resolução de problemas: pode ser caracterizado em estruturação e resolução do problema. A fase de resolução apresenta três fases distintas: projeto preliminar, refinamento e detalhamento. Provavelmente estas fases distintas se devem à complexidade e ao tamanho dos problemas, e pela mudança qualitativa na forma de representar a solução à medida que o projeto avança (durante as etapas de refinamento e detalhamento).
9. Hierarquias de abstração: a diferença qualitativa entre o ponto de entrada (o briefing) e a saída (o detalhamento) e as diversas fases de resolução de problemas resultam em hierarquias de abstração (do espaço do problema).

10. Construção e manipulação de modelos: pois tipicamente não é possível ou viável manipular o ambiente diretamente. Desta forma, os designers manipulam “modelos da realidade”.

11. Uso de sistemas simbólicos distintos: manipulação e criação de sistemas simbólicos de diferentes naturezas.

12. Diferentes símbolos se relacionam com diferentes atividades cognitivas: as propriedades dos diferentes sistemas simbólicos facilitam ou dificultam certos processos cognitivos.

Deste conjunto, Goel utilizou um subconjunto formado pelos nove primeiros itens como guia de análise. O resultado foi a verificação de diferenças substanciais entre os espaços de problema de design e não-design, como sumariza o quadro 1 (Goel, p.124). Sobre a falta dos últimos três itens: eles foram utilizados em outro experimento para analisar o papel do desenho no processo de projeto, em atividades de design gráfico, que demandavam necessariamente uma capacidade para se expressar através de desenhos. Este subconjunto não será utilizado nesta pesquisa, pois apesar de se reconhecer a importância do desenho em qualquer tipo de projeto, o foco não é o desenho em si.

Item	Espaço de problema de design	Espaço de problema não-design
1	Predominância de regras pessoais para parar de trabalhar no subproblema e para avaliar soluções.	Regras para parar são dadas no enunciado do problema; funções de avaliação são muitas vezes objetivas.
2	Poucas transformações de estado geradas por inferência dedutiva (1%)	Muitas transformações de estado foram frutos de inferência dedutiva (40%).
3	Mudança nos parâmetros do problema como forma de re-estruturação do problema.	Não ocorreu.
4	Muitos módulos (cerca de 30); poucas interconexões (7%); agrupamento hierarquizado das interconexões; sujeito tem flexibilidade para determinar decomposições e interconexões.	Poucos módulos (cerca de 6); maior densidade de interconexões (20%); sem agrupamentos hierárquicos ou interconexões; sujeito não tem flexibilidade para determinar decomposição ou interconexão.
5	Desenvolvimento incremental do artefato.	Não ocorre.

6	Estratégia de comprometimento limitado.	Estratégia de comprometimento limitado não é usada.
7	Sujeito faz e propaga comprometimentos.	Sujeito se compromete com algumas soluções, porém apenas depois de elas serem aceitas por funções de avaliação adequadas.
8	Distinção entre estruturação e resolução do problema, com uma porcentagem relativamente grande do tempo devotada à estruturação (25%).	Pouco tempo dedicado à estruturação do problema (0.3%).
8	Diversas etapas de resolução do problema: design preliminar, refinamento e detalhamento.	Não foram verificadas fases distintas de resolução do problema.
9	Manipulação de diversas hierarquias de abstração.	Não verificado.

Quadro 1. Sumário dos espaços de problema de design e não-design. Retirado de Goel (1995, p. 124)

Este quadro contém 10 itens, pois o item 8 (fases distintas dentro do processo de resolução de problemas) foi desmembrado em dois. Os itens verificados apenas em espaços de problema de atividades de design são invariantes do espaço de problema de design. Desta forma, Goel pode sustentar a hipótese de que design é uma categoria específica de problemas.

Esta abordagem e resultados não foram contestados de forma frontal; apenas Visser (2009) faz três ressalvas: (1) em relação às tarefas não-design: eram muito breves e tinham uma conotação de jogo e (2) apenas atividades que representam extremos do ambiente da tarefa de design foram estudados, o que deixa em aberto a questão de como é o mapeamento para tarefas “no meio do espectro” e (3) as tarefas foram realizadas em laboratório, ao invés de num ambiente real (VISSER, 2009, p. 189).

O trabalho de Goel é o ponto de partida para Visser (2009) propor sua teoria aumentada do design genérico. Segundo ele, além de possuir características invariantes não compartilhadas por atividades não-design, há diferenças entre as atividades de design (até onde se sabe, ninguém chegou a verificar). As características da atividade de design que introduziriam especificidades nos processos cognitivos seriam: (a) o processo de design; (b) o designer e (c) o artefato. Não está claro em Visser se ele compartilha da

intenção de Goel de verificar sua hipótese dentro da teoria de processamento de informação, mas pela forma como a hipótese foi postulada, parece que não há este comprometimento. Visser lista, a partir de uma revisão, 11 características de atividades de design:

1. Design é um tipo de atividade cognitiva, e não apenas uma caracterização profissional;
2. Design é uma atividade de resolução de problemas;
3. Problemas de design são considerados mal estruturados;
4. Há duas fases principais no processo de solução de problemas de design: estruturação e resolução;
5. Design é uma atividade que busca soluções satisfatórias e não ótimas;
6. Design envolve problemas complexos, que raramente podem ser decompostos em subproblemas independentes;
7. Designers geram, no início do processo, poucos e simples objetivos para criar um *kernel* de soluções;
8. Problemas de design possuem várias soluções aceitáveis;
9. Problemas e soluções de design não têm critérios de avaliação pré-existentes;
10. Reutilização do conhecimento através de analogias;
11. Design é uma atividade oportunística.

Na verdade, estas características já haviam sido mencionadas anteriormente nesta revisão. Visser compilou-as e as utiliza como evidência para demonstrar sua primeira hipótese, de que atividades de design possuem invariantes. Para demonstrar sua segunda hipótese, Visser mostra estudos (também citados nesta revisão) que indicam que a forma de resolver problemas em design é diferente da forma de resolver problemas não-design, e que a expertise em design tem características diferentes. A terceira parte de sua hipótese, que concerne as diferenças entre atividades de design – daí a originalidade da proposta – baseia-se na assunção que pode haver diferenças relacionadas a:

a) Processo;

- a. Escala de tempo;
- b. Design individual versus coletivo;
- c. Métodos utilizados;
- d. Maturidade do domínio;
- e. Representações externas empregadas e
- f. Integração de dados do usuário no projeto.

b) Designer;

- a. Expertise;
- b. Rotina de resolução de problemas semelhantes;
- c. Idiosincrasias e

- d. Personalidade.
- c) Artefato
- a. Uso pela sociedade;
 - b. Impacto do artefato nas atividades dos usuários;
 - c. Prototipagem e
 - d. Tipo de artefato.

Esta lista representa variáveis que Visser acredita capazes de demonstrar diferenças entre atividades de design. Ainda não foram reportados resultados destes esforços.

Genérico ou não, com invariantes ou sem, com problemas mal ou bem estruturados. Todas estas interpretações sobre design são elaboradas com base em uma teoria, que permite que o pesquisador situe a prática e oriente suas pesquisas. No caso do estudo da cognição em design há duas teses que se opõem, e que dividem os pesquisadores da área.

2.2 DOIS PARADIGMAS

Dorst e Dijkhuis (1995), em um artigo – clássico - intitulado “*Comparing paradigms for describing design activity*”, compararam dois paradigmas para compreender design: reflexão na ação, de Schön (1998), e design como resolução de problemas, de Simon (1996) e Newell e Simon (1972). O artigo exprime o resumo de um esforço articulado em torno das limitações e potenciais de cada um destes paradigmas para a descrição de atividades de design, mais tarde realizado na tese de doutorado de Dorst (1997). O que

moveu Dorst foi a existência de duas visões sobre design: na perspectiva de Schön (1998), projetar é uma atividade reflexiva e situada; enquanto na de Simon é resolução de problemas (nos termos de Newell e Simon (1972), que necessariamente estão comprometidos com a tese da “cognição via computação”).

2.2.1. Design como prática reflexiva

Schön, em seu livro *O profissional reflexivo: como pensam os profissionais quando atuam*, de 1983, coloca as bases para uma visão inteiramente nova sobre design: a de que toda atividade de design é única, e que o conhecimento utilizado pertence à ação – daí o termo “reflexão na ação”. A motivação de Schön é (antes mesmo da pesquisa) o ensino de design, que ele considera prejudicado pela tradição positivista que domina as escolas, e que não faria justiça às características da atividade. Estas idéias têm apelo dentro da comunidade de professores e praticantes de design, talvez pelo texto permitir a imediata identificação com as situações descritas, talvez porque a comparação do funcionamento da mente com o de um programa de computador (o que Simon faz diversas vezes em seu *The Sciences of the Artificial*) possa soar ofensiva. Foi no ensino – em cursos como engenharia, design e arquitetura¹⁵ – que as idéias de Schön (1998), encontraram eco: é nelas que se apóiam a inserção de atividades acadêmicas nominadas “Atelier de Projeto *n*” ou “Projeto *n*”, onde um professor/profissional experiente orienta os estudantes em uma atividade prática de projeto, que busca recriar o ambiente profissional (DORST e LAWSON, 2009).

Simon também se ocupou de um currículo para cursos de design (SIMON, 1996, p. 134 para um sumário) e ele também acreditava que as disciplinas “científicas” afastaram

¹⁵ Ver, por exemplo, os currículos dos cursos de arquitetura, engenharia e design da UFRGS: em quase todos os semestres há uma atividade de projeto – e normalmente é a que possui maior carga horária.

os profissionais da prática. Ele acredita que isto aconteceu porque os cursos de graduação em design (mais especificamente as engenharias), ao entrarem no ambiente universitário, encontraram na introdução de disciplinas de ciência pura uma forma de ganhar respeitabilidade (SIMON, 1996, p.112). Para Schön (1998), no entanto, a componente “design” neste currículo é subestimada, e as disciplinas associadas às ciências (conhecimento declarativo necessário para resolver problemas de design) acabam tendo mais força dentro do curso. O fato dos cursos de design¹⁶ terem se submetido ao paradigma da racionalidade técnica¹⁷ impediria que a prática profissional fosse ensinada. “Dentro da perspectiva da racionalidade técnica, a prática profissional é um processo de resolução de problemas. Os problemas de escolha e decisão são resolvidos através da seleção, com os meios disponíveis, do método mais adequado para cada fim. Porém, com esta ênfase na resolução de problemas, ignoramos o contexto do problema, o processo através do qual definimos a decisão que se deve adotar, os objetivos a alcançar, os meios que podem ser utilizados. No mundo real, os problemas não se apresentam com dados para o profissional” (Schön, 1998, p. 47). “A epistemologia positivista da prática repousa em três dicotomias. Dada a separação dos meios dos fins, a resolução de problemas pode ser vista como um procedimento técnico a ser mensurada por sua efetividade em atingir um objetivo pré-estabelecido. Dada a separação da pesquisa da prática, a esta pode ser vista uma aplicação de teorias e técnicas, cuja objetividade e generalidade vêm de experimentos controlados, à problemas instrumentais. Dada a separação entre saber e fazer, a ação é apenas uma implementação e um teste de decisões técnicas.” (SCHÖN apud Dorst, 1997, p. 68) . Na visão de Schön (1998), tais dicotomias não existem na prática.

¹⁶ Schön enfatiza a arquitetura – o caso prototípico - mas ao longo de seu livro afirma que o leque das profissões “de desenho” está se abrindo para a saúde, a administração e até a política.

¹⁷ Na qual se inscrevem Simon e Newell.

O que seria necessário – e é nesta observação que se baseia a introdução de atividades de atelier – é um espaço para o estudante se confrontar com situações concretas de design. Para Schön (1998), toda tarefa é única: “*an universe of one*”. Como tratar tarefas únicas? Como ensinar a abordar estas situações? Para descrever o processo de lidar com situações essencialmente únicas, Schön propõe uma visão da prática segundo a qual o “conhecimento se dá através da ação” (p. 55), pois para operar, os profissionais utilizam conhecimentos tácitos e implícitos, que talvez sequer consigam descrever. Como é orientado à ação, e não pode ser descrito pelas teorias da racionalidade técnica – pois as situações não se repetem. Toda a compreensão é situada, dependente do contexto e é elaborada pelo profissional em contato com o problema. “Este processo de reflexão na ação é central para a arte através da qual os profissionais reagem a situações de incerteza, falta de estabilidade, caráter único e conflito de valores” (p.56). Através da experimentação (ação e reflexão), o designer constrói ativamente uma visão do mundo baseado em sua experiência. Neste “diálogo reflexivo com a situação”, o designer nomeia os fatores relevantes à situação; enquadra o problema de certa forma; movimenta-se em direção à uma solução e avalia estes movimentos (figura 2). Os contextos são baseados numa compreensão pessoal da tarefa, e não mudam substancialmente de um projeto para outro.

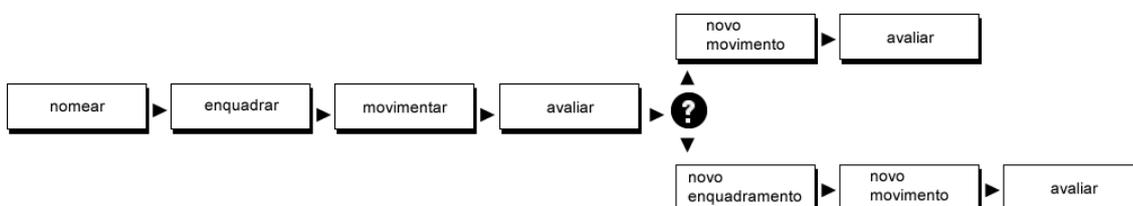


Figura 20 ciclo básico da reflexão na ação (imagem retirada de DORST, 1997, p. 74).

No passo “nomear” os itens a ser considerados na situação são selecionados e nomeados. No passo “contexto” estas entidades (nomeadas) são colocadas em um contexto, e uma perspectiva da tarefa é construída. “Movimentar-se” significa realizar uma ação (experimental) baseada nos nomes e contextos, e em seguida esta ação é “avaliada”; passo que pode levar à satisfação com a solução ou não. Segundo Dorst (1997), há três critérios que podem ser usados neste passo: (1) coerência; (2) a solução estar dentro de parâmetros consideráveis aceitáveis e (3) redução da quantidade de problemas. Um projeto de design seria constituído de diversos destes ciclos.

Na obra *The reflective practitioner*, Schön (1998) descreve partes destes ciclos, citando como exemplos trechos de processos de design no famoso protocolo de Quist e Petra. Todavia, como nota Dorst (1997), são descrições, e não prescrições, de forma que não há uma indicação de quando estes eventos acontecem, ou de como diferenciar um de outro. Com o intuito de caracterizar o que seria uma “boa conversa reflexiva com a situação”, Dorst (1997, p. 77) listou os seguintes itens:

- O designer deve oscilar entre o todo e as partes do problema ou da solução;
- Haverá uma mudança gradual em direção a formação de compromissos, ao invés das tentativas durante os passos de “movimentos”;
- Um bom designer irá compilar uma grande quantidade de exemplos para usar em projetos futuros;
- Um bom designer será fluente na construção e simulação de mundos virtuais (entre os quais o desenho);

- Um bom designer irá manter-se aberto aos problemas com as soluções que encontrar.

O “paradigma” da prática reflexiva é revolucionário, pois subverte a noção de design como resolução de problemas – intimamente ligada à noção de computação - ainda buscando ser viável academicamente. É um empreendimento complexo, pois ao declarar que o conhecimento do designer emerge à medida que ele se defronta com cada situação, a análise da atividade de design torna-se complexa. Como pontua Dorst (1997, p. 68), “ao não impor [as dicotomias do pensamento positivista às práticas de design] fica muito mais difícil analisar as atividades de design, já que se precisa considerar uma mistura complexa de análise, design e ações orientadas a planos como objeto de estudo. Divisões clássicas na metodologia do design, como ‘problema de design’, e ‘solução de design’ não podem ser mantidas dentro deste paradigma. Isto pode ser verdadeiro na prática, mas é extremamente difícil de lidar analiticamente”. Ainda que as idéias de Schön (1998) sejam interessantes – pois colidem com as de Newell e Simon, dominantes na pesquisa em cognição em design, oferecendo uma forma diferente de encarar a atividade – são difíceis de colocar em prática do ponto de vista de uma metodologia científica. Os conceitos apresentados (ação, contexto, movimentos) não são definidos de forma totalmente clara. Dorst reconhece que estas idéias não encontram eco na comunidade científica (DORST, 1997, p.66), e que a teoria de Schön não teve força para gerar uma “crise paradigmática” (DORST, 1997, p. 73).

2.2.2. Design como resolução de problemas

Há várias formas de investigar atividades de design; formas que variam conforme os objetivos da pesquisa e conforme a orientação teórica dos pesquisadores. No caso das atividades de design, há duas principais vertentes de pensamento: uma que entende design como prática reflexiva e outra como resolução de problemas.

Design como resolução de problemas é um paradigma no sentido atribuído por Kuhn: ele mudou a forma como se entende design. Foi a primeira explicação científica, a primeira teoria sobre os processos cognitivos que acontecem na mente do designer. A consequência do “surgimento” deste paradigma é que as pesquisas sobre atividades de design – que começavam a atrair interesse de pesquisadores de áreas como psicologia e computação – estavam orientadas principalmente por ele. A formulação das perguntas e a busca pelas respostas acontecia dentro dos construtos desta teoria, cujas bases foram lançadas por Newell e Simon no livro *Human Problem Solving* e reafirmadas por Simon no livro *The Sciences of the Artificial*. O construto mais importantes para esta pesquisa é o do espaço do problema – constituído por estados do problema, funções de avaliação e de transformação – porém a teoria é mais ampla.

O objetivo principal de Newell e Simon não era explicar design; era antes entender o funcionamento da mente enquanto resolve problemas, pois esta habilidade seria a chave para compreender o raciocínio, a inteligência. A Teoria do Processamento de Informação – IPT - é integradora *per se*, pois não distingue atividades de design e não-design. O mecanismo é sempre o mesmo, e uma mudança no tipo de problema não implica novos processos cognitivos.

Newell e Simon postulam que humanos operam como sistemas processadores de informação (IPS, *Information Processing System*), um sistema composto de uma memória contendo estruturas simbólicas, processadores, efetores e receptores. O processador é um manipulador de símbolos que (a) converte a informação fornecida pelos receptores em código interno consistente com as estruturas simbólicas do sistema, (b) transforma símbolos internos e suas relações e (c) converte símbolos em códigos que podem ser transmitidos para o mundo através dos efetores. O processador é formado por processos unitários, memória de trabalho e um interpretador. O processo de pensar (ou resolver um problema) é uma seqüência de operações sobre símbolos. Esta seqüência de operações resulta em diferentes estados do problema, e neste ponto é introduzido o conceito de *espaço do problema*: um conjunto de entidades discretas pré-definidas. O espaço do problema é formado por estados: a totalidade de informações relevantes disponíveis ao IPS num dado instante do tempo. O espaço do problema do jogo-da-velha, por exemplo, tem 9! estados. Alterações no conteúdo do estado são chamadas “transformações”, desde que estas sejam legais dentro do espaço do problema. Akin (1986) ressalta que, no caso da arquitetura, as representações usadas pelo arquiteto facilitam as transformações de forma que a solução seja encontrada mais facilmente. O sucesso na tarefa de atingir o estado-objetivo depende diretamente da aplicação de transformações.

Neste ponto cabe fazer um aparte sobre o que Simon (1996) chama de problemas de design: são problemas cuja solução nunca é otimizada, e sim satisfatória (*satisficing solutions*). Ainda que esta visão não seja a dominante na IPT, Simon admite haver problemas que nós – humanos – não conseguimos resolver, por serem complexos demais. Simon lembra que nosso sistema cognitivo tem uma série de limitações, como a capacidade de armazenamento na memória de trabalho e o tempo para armazenar um

chunk de informação. Problemas de design seriam problemas deste tipo, e a resolução deles é feita por estratégias de busca dentro do espaço do problema. Simon (1996) agrupa estas estratégias como *heurísticas*, que servem como forma de simplificar a busca.

Esta teoria foi erguida dentro do framework dominante das ciências cognitivas, que aceita a metáfora da computação: cognição é ao menos, computação. Newell e Simon propõem a hipótese que a racionalidade exibida pelos seres humanos pode ser explicada através de dois fatores: universalidade e comportamento simbólico. “Universalidade” significa que todos nós compartilhamos um conjunto de funções, que usamos à medida que o ambiente externo se modifica. “Comportamento simbólico” é uma forma de referir ao fato que nossa mente manipula sistemas de símbolos, nos quais expressamos nossas intenções. Simon (1996) afirma, sobre estes fatores, que se não houvesse limitações de ordem cognitiva, poderíamos nos adaptar de maneira ótima ao ambiente – e resolver problemas de design de forma ótima.

Tanto a universalidade quanto o comportamento simbólico seriam necessários para a racionalidade pelos motivos seguintes (Goel, 1995, p.42):

1. Um agente racional deve ter formas de representar seus objetivos e símbolos parecem ser os únicos candidatos para tanto.
2. Um agente racional deve ter formas de representar estados candidatos a satisfazer seus objetivos.
3. Um agente racional deve se ajustar em resposta às demandas do ambiente.

Estas condições são satisfeitas por uma máquina chamada *Physical Symbol System*, parte da hipótese dos sistemas físicos simbólicos (Newell, apud Goel, 1995, p. 42): “a condição *suficiente e necessária* para um sistema físico exibir *ação geral e inteligente* é que ele seja uma instância de um sistema físico simbólico. *Necessária* significa que qualquer sistema que exiba inteligência geral será uma instância de um sistema físico simbólico. *Suficiente* significa que qualquer sistema físico simbólico pode ser organizado de forma a exibir ações inteligentes. *Ações gerais inteligentes* significam o mesmo escopo de inteligência visto em humanos: que em situações reais o comportamento adequado para o sistema se adequar aos objetivos irá ocorrer, dentro de determinados limites físicos”. A manipulação de símbolos é, portanto, uma condição para a existência de inteligência.

Searle (1990, p.26), faz uma crítica à esta visão da cognição como manipulação de símbolos, conhecida como o argumento da “vacuosidade” (*vacuosness*). Neste argumento, pelas definições de computação como manipulação de símbolos, qualquer sistema seria um sistema computacional:

Premissa 1: computação é definida sintaticamente.

Premissa 2: sintaxe pode ser atribuída a qualquer sistema.

Conclusão: qualquer sistema pode ser descrito como um sistema computacional.

Assim, tanto o estômago como o sistema solar seriam sistemas computacionais. Goel de certa forma “salva” máquinas como sistemas físicos simbólicos do argumento da “vacuosidade”, através da caracterização dos sistemas simbólicos internos (mentais) que seguem a teoria computacional da mente. As sete propriedades que todo sistema

simbólico deste tipo deve possuir (GOEL, 1995, p. 54; CHANDRASEKARAN, 1997, p.120) são as seguintes;

1. Efetividade da causalidade sintática: a operação do sistema é causalmente dependente dos signos (*tokens*); diferentes signos, diferentes transições entre estados.
2. Desmembramento sintático: uma marca não pode pertencer a mais de um tipo (classe de equivalência). Um exemplo do jogo de xadrez: nenhuma peça do tipo “peão” pertence ao tipo “rainha” (GOEL, 1999).
3. Diferenciação sintática: os tipos são discretos; não contínuos. Um exemplo do jogo de xadrez: dados os tipos “rainha” e “peão”, e um signo do tipo “peão”, é possível (para o mecanismo computacional conveniente) dizer a qual tipo a marca pertence e a qual não pertence (GOEL, 1999).
4. Conexões causais corretas: cada estado na evolução do sistema deve estar conectado aos estados seguintes de forma causal.
5. Não-ambiguidade: a correlação entre as marcas manipuladas em estados físicos e as classes de equivalência (da qual os signos são instâncias) computacionais não podem ser ambíguas: cada signo deve estar relacionada à mesma classe em cada estado do sistema. Todo tipo tem o mesmo referente, não importa o contexto.
6. Diferenciação semântica: Chandrasekaran (1997) afirma que a diferenciação semântica parece ser tanto uma restrição no mundo ao qual a computação (em questão) se refere quanto uma restrição no sistema computacional em

si. Ele dá o seguinte exemplo: suponha que os estados cs refiram-se à maçãs, e cs' à laranjas. Dada uma maçã (marca), o sistema deve ser capaz de dizer que não é uma laranja e vice-versa. Isto é uma restrição no mundo, porque diz algo sobre a diferenciação das categorias semânticas [...]. Também é uma restrição ao sistema computacional porque faz com que a organização dos estados computacionais utilize a diferenciação existente no mundo.

7. Critério de manutenção: todas as propriedades anteriores devem ser mantidas durante as transições do sistema.

Nos exemplos dados anteriormente (estômago e sistema solar): nenhum deles é um sistema computacional com estas propriedades, pois os estados não podem ser individuados (item 5). Mesmo se fossem individuados, não há manipulação a nível de “marcas” e “tipos” – apesar de haver uma relação causal entre as transições do sistema.

No entanto, a intenção de Goel não era tanto “livrar” os sistemas físicos simbólicos do argumento de Searle quanto mostrar que sistemas que possuem estas sete propriedades não conseguem resolver o tipo de problema que se coloca em atividades de design.

Os principais problemas com a hipótese dos sistemas físicos simbólicos são, segundo Goel, a questão da manutenção de referência e causalidade semântica. Segundo Goel, *referência* seria relacionada com *causalidade*, apesar de, no caso de estados mentais¹⁸, correlação causal não ser suficiente para explicar fixação de referências. Por exemplo, na frase “o primeiro humano a andar sobre marte” não há

¹⁸ Goel não admite que estados mentais sejam equivalentes a estados computacionais.

referência a gênero. Além disso, Goel lembra de problemas com referências como: dependência de contexto; opacidade; discurso ficcional e metáforas. Sobre conteúdo semântico, Goel afirma que, no caso de pessoas, sempre há uma interpretação do estado do ponto de vista da primeira pessoa – como se fosse um “contexto”. Não há nada parecido com isso em máquinas computacionais¹⁹: a atribuição de conteúdo é feita a partir de uma rede de links causais, um estado sucede logicamente a outro.

Goel busca um ponto de equilíbrio, afirmando que a teoria computacional da mente (dentro da qual se inscreve a IPT) certamente oferece uma interpretação plausível sobre a forma como resolvemos problemas bem estruturados, mas ela não explica a resolução de problemas de design, pois o tipo de sistema simbólico que ela prevê não é adequado para tarefas de design. É neste ponto que se coloca a importância da representação mais utilizada por designers nos momentos em que o problema ainda não está bem formulado: os sketches²⁰.

2.3 REPRESENTAÇÕES DO DESIGN: SKETCHES

Os desenhos usados pelos designers nas fases preliminares do projeto têm características marcantes: são rápidos, sem acabamento, e muitas vezes tão abstratos que demandam legendas (como o da figura 3).

¹⁹ Como máquinas de Turing, por exemplo.

²⁰ Talvez a palavra em português que mais se aproxime do significado de sketch é “esboço”. No meio acadêmico e profissional costuma-se usar a palavra “rafe” (que talvez venha de “rough”) e tem o mesmo significado de sketch.

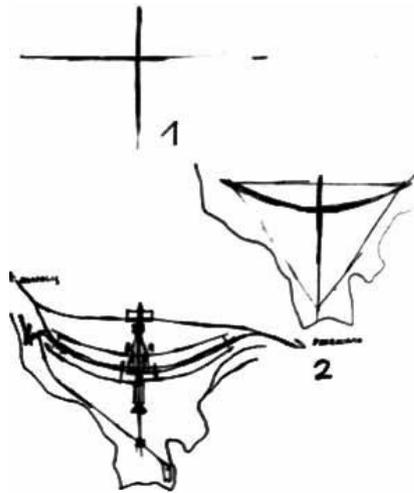


Figura 3 Sketch da cidade de Brasília, por Oscar Niemeyer. A forma é uma junção de uma cruz com uma ave ou um avião (desenho e interpretação retirados de XAVIER, 2007).

Muitos pesquisadores atestaram a importância do emprego destas representações no processo de projeto. Designers, de uma maneira geral, parecem rejeitar ferramentas computadorizadas durante estes primeiros momentos do projeto, quando eles preferem papel e caneta. Nesta fase, onde as idéias ainda são vagas, imprecisas e ambíguas, o modo preferido de representar idéias é o sketch (Verstijnen *et al.*, 98; Kavakli, 98). Cross (1999) afirma que isto se dá porque os *sketches* permitem aos designers lidar com diferentes níveis de abstração simultaneamente, o que é importante, pois pensam no conceito como um todo ao mesmo tempo em que pensam sobre aspectos específicos da implementação. O próprio mecanismo de geração de soluções através da criação de “pontes” entre os espaços da solução e do problema (DORST e CROSS, 2001) seria viabilizado por estas representações, já que elas ajudariam a estruturar o espaço do problema. Esta “conversa reflexiva com a situação”²¹ foi (muito bem) descrita por Goldschmidt (1991), em seu artigo *The dialectics of sketching*, onde a autora afirma que *sketching is thinking* (p. 130). “O que a maioria dos designers fazem é desenhar e redesenhar linhas, formas, objetos e ‘coisas sem sentido’, até que eles possam ‘ler’,

²¹ Schön (1983).

naquilo que desenharam, algo de útil” (GOLDSCHMIDT , 1991, p. 131). Goldschmidt crê que *sketches* favoreçam a manipulação e geração de imagens do tipo proposicional²², pois eles guardam semelhanças estruturais com o objeto representado, mesmo quando são muito abstratos. Desta forma, a autora sugere duas formas de classificar a interação entre *sketches* e imagens mentais: “ver como” (*seeing as*) e “ver que” (*seeing that*). O designer estaria “vendo como” quando ele demonstra usar os desenhos para expressar idéias. “Ver que” significa derivar conclusões não-pictoriais sobre o artefato em projeto. A autora conclui que o padrão “pingue-pongue” entre momentos de raciocínio através de desenhos do tipo “ver como” e “ver que” não foi detectado em nenhuma outra atividade, de forma que o ato de desenhar introduz esta “dialética” no raciocínio de design (p.140). Suwa *et al.* (1998), por sua vez, encontraram evidências que os *sketches* servem também como auxílios cognitivos, já que eles seriam como: uma espécie de memória externa; uma fonte pistas visuais para a associação de aspectos funcionais e um lócus para construção de raciocínios num “tipo de ação situada”. Verstijnen *et al.* (1998) afirmam não haver realmente bases para afirmar que a importância do *sketches* seja consequência de serem uma “espécie de memória externa” . Segundo os autores, mais do que a capacidade da memória de trabalho, dois processos seriam fundamentais no processo de descoberta criativa²³: estruturação e combinação, e eles estariam relacionados à habilidade em desenhar e à criatividade. Assim, as limitações – que fazem dos *sketches* uma ferramenta importante – devem ser procuradas nos processos mentais que envolvem manipulação de imagens, e não nas limitações da memória de trabalho. A visão de que a habilidade em desenhar é uma pré-condição à expertise em design por motivos mais abrangentes que a expansão da capacidade de memória é corrente. Todos os autores citados neste sub-

²² A classificação dos tipos de imagens mentais, bem como teorias de manipulação de imagens mentais está fora do escopo desta revisão.

²³ Sobre o qual os autores afirmam haver evidências de ser mais bem apoiada *sketches*.

capítulo atestam esta conclusão. Para Schön (1998), os sketches são o meio através do qual a reflexão na ação se dá; são os *inputs* para o processo de diálogo com a situação. Lawson e Dorst (2009) apontam um caminho, ao não admitir que o tipo de processamento simbólico que operamos em nossas mentes seja possível para máquinas:

[Designers] pensam diretamente através da manipulação de informações gráficas [visuais] que são extremamente difíceis de codificar inteiramente em sistemas simbólicos convencionais, como os necessários para Inteligência Artificial. Esta é ainda outra razão porque parece pouco provável que computadores possam algum dia estar habilitados a fazer design da forma que humanos o fazem (LAWSON e DORST, 2009, p. 104).

Ainda que seja um caminho – manipulação de informações com sistemas simbólicos não convencionais – falta especificar como estes símbolos são diferentes e como estas diferenças viabilizam a manipulação de informações: falta um esquema de classificação dos símbolos. Até este ponto, tem-se que:

- Cognição como computação não explica design.
- Cognição é manipulação de símbolos.
- Design é uma atividade que envolve um conjunto único de processos cognitivos
- Sketches são importantes para o design.

A questão que deve ser respondida é: em qual esquema de classificação de símbolos os sketches estariam inseridos? Se pensarmos, por exemplo, numa separação entre símbolos pictoriais e lingüísticos, teríamos que dizer como uma marca pertenceria a uma ou outra classificação – nesse caso, a estrutura dos sistemas emerge depois da classificação, quando deveria ser definida antes. Definir que cada representação é única ou que são todas do mesmo tipo também é problemático; num caso o sistema teria uma

classe e na outra infinitas. Goel sugere que o esquema mais rigoroso para classificar sistemas é o de Goodman (apud Goel, 1995). O problema de Goodman é: como “entender” a arte e suas diferentes manifestações a partir de um sistema simbólico baseado em atributos “computacionais”? O sistema simbólico usado por um pintor ou um escultor é o mesmo usado para “escrever” um programa de computador e resolver uma equação de segundo grau? Esta foi a motivação da teoria, batizada de Teoria Notacional (*theory of notationality*). Nela estão definidos cinco critérios que um sistema simbólico deve possuir:

1. Desmembramento sintático: todas as marcas do mesmo símbolo são cópias verdadeiras de si mesmas; qualquer inscrição é tão válida quanto qualquer outra.
2. Diferenciação sintática finita: é possível diferenciar uma marca de outra, e esta diferenciação é finita. Um exemplo são as frações em algarismos arábicos: há infinitas frações ($1/3 = 3/9$), mas a diferenciação entre eles é finita.
3. Deslocamento semântico: similar ao critério sintático, porém refere-se às classes (que instanciam as marcas). Para satisfazer este critério, duas marcas não podem ter classes em comum. Por exemplo: “médico” e “homem” – há médicos que são homens e vice-versa. Logo, a mesma marca (por exemplo, “homem”) pode estar inscrito em duas classes. Goel nota que este é um critério bastante rígido, pois especifica uma relação 1:1 entre marca e significado.
4. Diferenciação semântica finita: as classes devem ser diferenciadas entre si. Por exemplo: um sistema onde frações (em algarismos arábicos) reduzidas se relacionam com o peso de objetos. Neste sistema não seria possível determinar a

qual classe (fração) o objeto (volume) corresponde, ainda que o link entre eles seja único.

5. Não ambigüidade: todas as inscrições de uma marca têm a mesma classe. Por exemplo: “banco” é ambíguo porque pode pertencer a duas classes (instituição financeira e objeto para sentar).

Além disso, os sistemas que possuem estes critérios podem ser classificados em duas categorias:

- Densidade: um sistema é denso se entre cada duas marcas há uma intermediária.
- Repletos: quando cada elemento da inscrição é importante para manter seu significado. Por exemplo: numa pintura, pouco se pode retirar (cores, textura da tela, textura das pinceladas, brilho da tinta). Já em um termômetro não graduado, podem-se retirar vários elementos (brilho do material do termômetro, tamanho e peso do termômetro) sem prejudicar a construção do significado da mensagem.

A figura 4 mostra como um sistema como os *sketches* poderiam ser classificados.

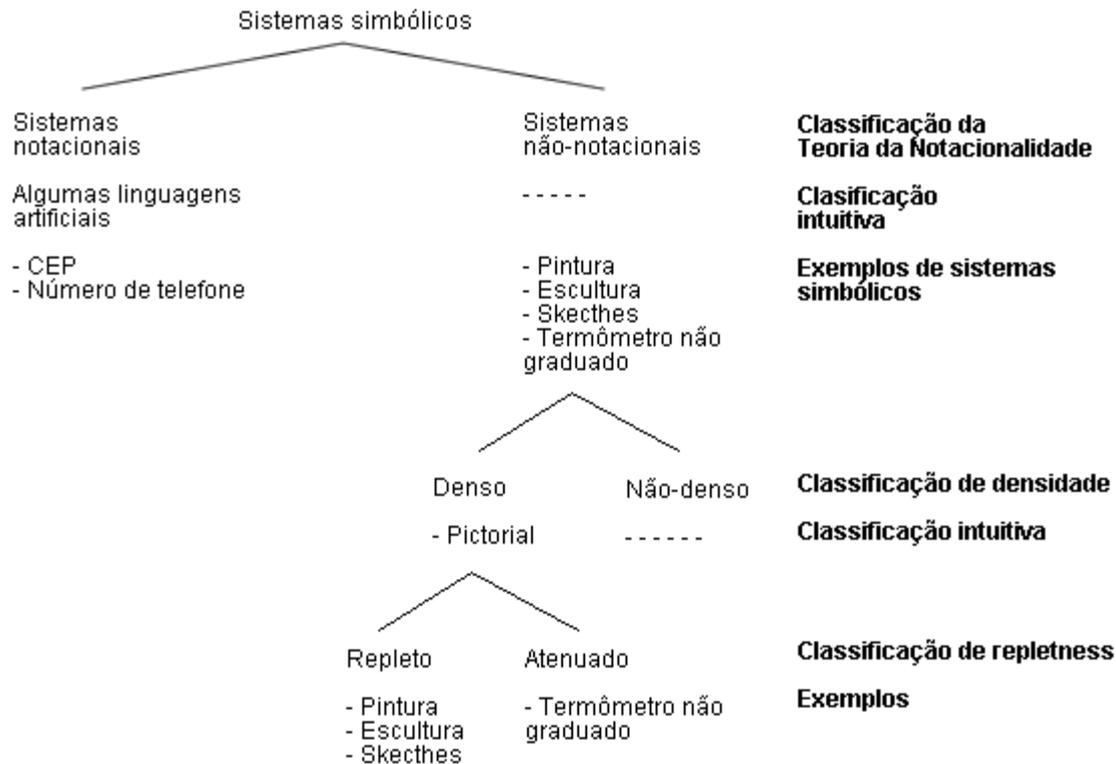


Figura 4. Classificação de esquemas simbólicos (GOEL, 1995, p. 168).

Na figura 4 percebe-se que linguagens discursivas (português, inglês etc.) não estão incluídas, pois elas falham com os critérios semânticos, e por isso são não-notacionais. No entanto, elas podem ser organizadas até serem sistemas notacionais. E, de acordo com esta classificação, sistemas como pinturas e desenhos podem ser diferenciados.

2.3.1. Virtudes de sistemas não-notacionais

Durante a etapa de estruturação preliminar do problema (associada aos momentos criativos), o uso de representações não-notacionais é maior; o sistema simbólico preferido é o sketch; e as transformações são laterais (uma idéia se transforma em outra), como mostra a figura 5.

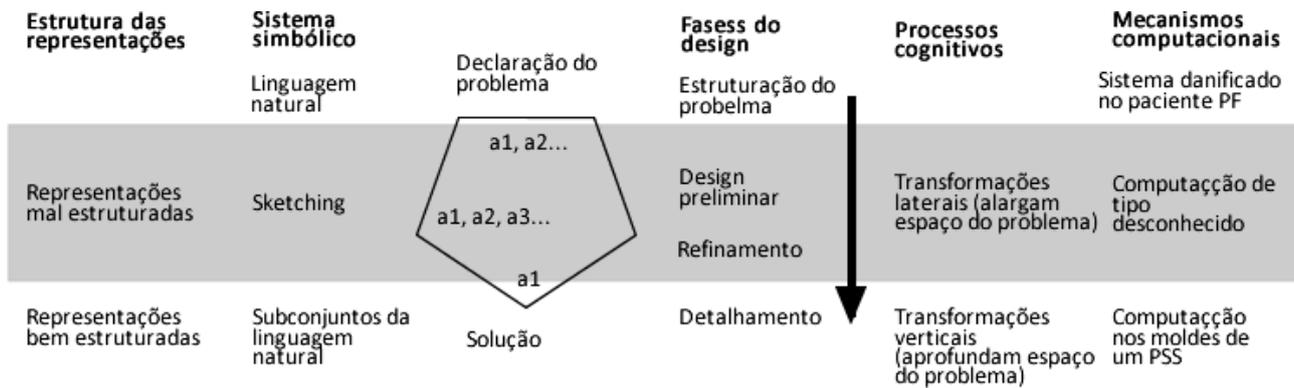


Figura 5. O espaço do problema em design (GOEL, 2001).

À medida que se avança em direção à solução do problema, as representações ficam cada vez menos repletas, mais “notacionais”. Quanto mais se avança na direção da solução, menor fica o espaço do problema. Sistemas simbólicos não notacionais, repletos e densos auxiliam a solucionar problemas mal-estruturados da seguinte forma:

- O fato de não ser deslocado sintaticamente (não há como garantir que duas inscrições sejam do mesmo tipo) dá aos traços pouca fidedignidade, pouca precisão, de forma que um traço pode pertencer a vários tipos.
- Não ser sintaticamente finito faz com que cada distinção conte como uma marca diferente. Cada mudança no traço conta. Isso facilita transformar um caractere em outro.
- A ambigüidade permite que os traços – e isso é importante no início – sejam indeterminados. A idéia é impedir a cristalização das idéias nas fases iniciais.
- Não ser deslocado semanticamente permite que um caractere possa pertencer a várias classes. Não há uma relação 1:1 entre tipo e classe. Cada tipo pode pertencer a mais de uma classe.

- Não ser semanticamente finito permite que existam várias classes, o que é importante para não excluir possibilidades.

A figura 6 mostra como seria o espaço de problemas bem e mal estruturados. A falha em atender os critérios de diferenciação e ambigüidade permite que os estados se comuniquem e se confundam. O designer, no entanto, deve se mover em direção a sistemas notacionais à medida que o processo se desenrola.

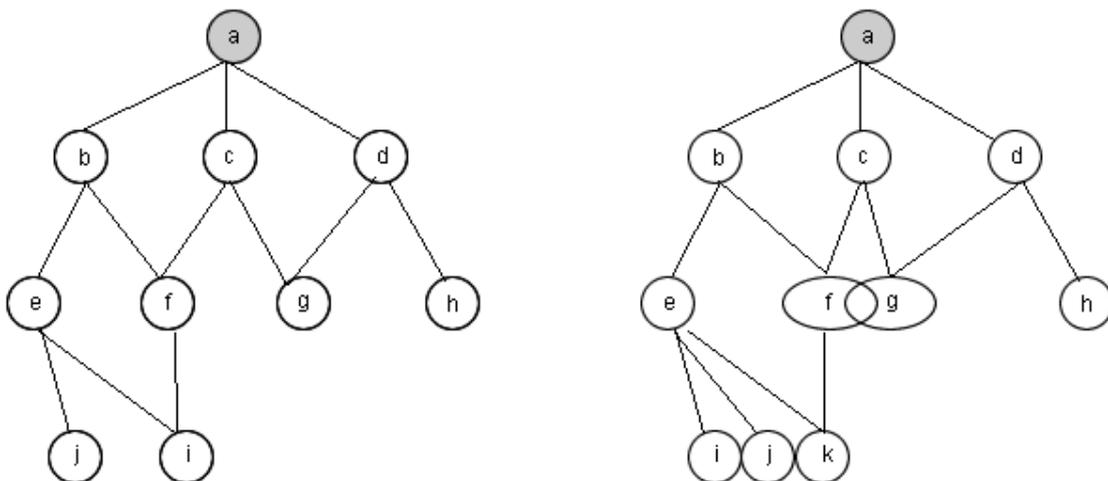


Figura 6 Ilustração das diferenças entre problemas bem estruturados (esquerda) e mal estruturados (direita).

2.4. IMPLICAÇÕES PARA UM SISTEMA INTERNO DE REPRESENTAÇÕES

Uma das implicações das teorias computacionais da mente é que o sistema de representação interna deve possuir as sete propriedades listadas em Goel (1995, p 54). Parecia, no entanto, que estas propriedades não habilitariam comportamentos reportados à exaustão na literatura sobre cognição em design; todos relacionados ao tratamento de situações maleáveis, pouco definidas e flexíveis. No entanto, até a formulação de Goel

(1995), estes resultados não poderiam ser encaixados em um *framework* teórico que pudesse fazer frente às teorias computacionais; afinal, estes resultados não provavam que ela estaria errada. A estratégia de Goel foi a seguinte:

- a) Definir um conjunto de propriedades para sistemas que seguissem a teoria computacional da mente.
- b) Mostrar que há pelo menos um tipo de problema cuja resolução necessita da manipulação de sistemas simbólicos que não seguem estas propriedades.
- c) Encontrar um esquema de classificação para este tipo de sistema.
- d) Mostrar que este sistema é diferente dos sistemas que seguem a teoria computacional, utilizando o esquema encontrado.

Chandrasekaran (1997) chama a atenção para este esforço, e diz que ele tem potencial para influenciar a história da Inteligência Artificial. No entanto, chama a atenção a falta de perspectiva em torno da solução deste dilema: como explicar representações internas de sistemas externos como *sketches*? O próprio Goel apenas aponta saídas²⁴.

2.5. ANÁLISE DE SESSÕES DE DESIGN

Além de ainda estar em processo uma teoria integradora do design com a cognição – mais especificamente as representações internas – há ainda mais uma dificuldade na pesquisa em design: a análise de atividades de design. Sendo pouco estruturado e pouco sujeito à inspeção, a análise do design acaba se tornando um problema, pois não há métodos que capturem todas as facetas do processo.

²⁴ Ressalta-se que o livro é de 1995.

Craig (2001) mostra que há essencialmente quatro metodologias para analisar design: análise de protocolos, análise verbal, isolamento de processos e estudos situados. Os dois primeiros, por serem os mais comuns (CRAIG, 2001), serão apresentados nos itens seguintes.

2.5.1. Protocolos think-aloud e Análise Verbal

Este método, em sua versão original, está atrelado às teorias do Processamento de Informação de Newell e Simon; ele foi desenhado para escrutinizar o processo de resolução de problemas bem definidos. A intenção é identificar aspectos de baixo nível do processo: estados do problema, operadores, funções de avaliação e de transformação. Apesar de talhado para a análise de problemas bem definidos, acabou por se tornar uma inspiração para análise de problemas de design – provavelmente por ser, dentre as diferentes formas de investigação, a que estabelece uma melhor relação custo-benefício: é fácil, barato e rápido de conduzir, e o processo de coleta interfere pouco na integridade dos dados.

A mecânica é bastante simples: pede-se ao sujeito que irá resolver um dado problema que o faça como se estivesse “pensando em voz alta” (*think out loud*). A sessão é filmada e posteriormente analisada. Assume-se, para fins de análise, que o que o sujeito verbaliza é a representação mais próxima daquilo que está na memória de curta duração. Sobre o método, Craig (2001, p.15) faz uma leitura da defesa de Ericsson e Simon do método *think aloud*:

“Todos os dados coletados em experimentos comportamentais, verbais ou não, estão sujeitos à interpretação. Por isso, não há motivo para assumir que os dados coletados de protocolos think aloud serão menos objetivos que dados coletados de outras formas. Os sujeitos não têm acesso aos seus pensamentos, tampouco se

assume que a verbalização é uma linguagem da mente. Apenas se assume que, se um sujeito diz 'X', que ele estava apto a dizer 'X', e que, por isso, o sujeito tinha uma representação equivalente de 'X' ativa na memória de curta duração”.

Ainda segundo Craig, uma das críticas ao método é que ele pode ser inadequado para descrever processos, pois é possível que o sujeito não reporte tudo o que pensa. Ericsson e Simon (apud Craig 2001) respondem a esta crítica afirmando que “apenas em experimentos nos quais os sujeitos são explicitamente solicitados a explicar porque fizeram tal ação, protocolos falaciosos são gerados²⁵. Os protocolos com explicações para as ações são falaciosos porque a explicação não é um estado do problema.

Utilizado dentro de um contexto de solução de problemas bem estruturados - como um puzzle como a Torre de Hanói - o que o sujeito fala é utilizado para inferir a árvore de solução de problemas, com seus estados e as regras de transição, já que se conhece de antemão os possíveis estados futuros dado o estado atual. Desta forma, as críticas feitas ao método não se sustentam, pois se conhece de antemão a estrutura do espaço do problema, e os protocolos verbais são comparados com este espaço conhecido. Como isso não é possível na solução de problemas mal definidos, perde-se a força original do método (figura 7).

²⁵ No método original deve-se solicitar ao sujeito que não tente explicar porque está fazendo determinada ação; apenas que ele pense em voz alta.

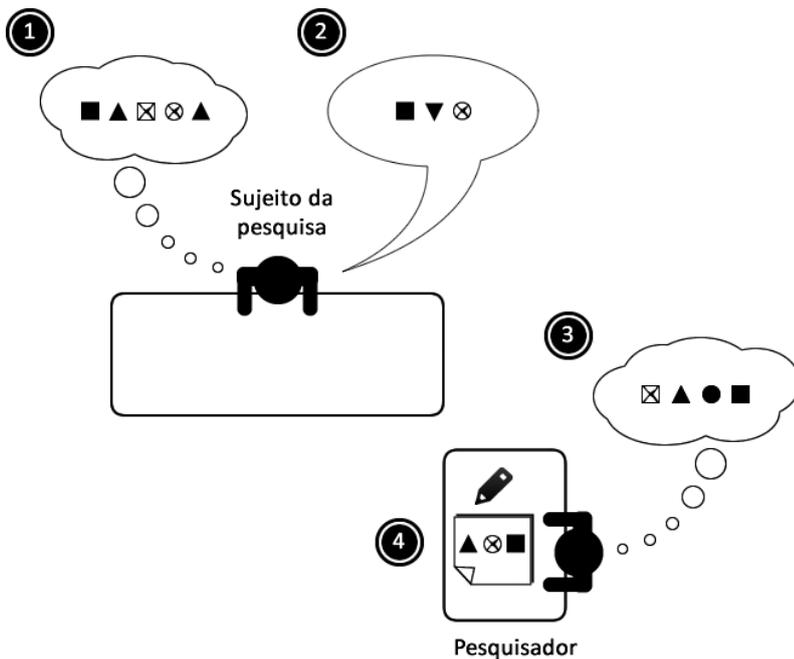


Figura 7. Representação da mecânica do método Análise Verbal. Produzida pela autora da tese.

Em problemas mal definidos, não se pode conhecer de antemão a estrutura do espaço do problema. Por este motivo, não há como comprar o que foi expresso com algum tipo de “árvore do espaço do problema”. É o que está ilustrado na figura 7, no primeiro item, o solucionador pensa em quatro coisas diferentes para formar o estado do problema (no instante t), e verbaliza (no segundo item) apenas algumas delas. Ressalta-se que se está assumindo que o que foi verbalizado é uma imagem do que está na mente do solucionador, uma premissa que dificilmente se sustenta, mas que foi usada, pois não é fundamental para este argumento. O examinador, que por sua vez não tem acesso ao espaço do problema, interpreta (no terceiro item), com base em sua experiência, em qual estado o problema se encontra – este é o significado da etapa de segmentação do protocolo. Finalmente (no quarto item), ao codificar o segmento (que deve representar um estado do problema), o examinador re-interpretará o estado do problema, de forma a classificá-lo em estados pré-definidos (os elementos do código).

Por estes motivos, surgiram adaptações, dentre as quais destaca-se a de Chi (1997)²⁶, por ser uma proposta de modificação bem estruturada, que relata os passos para a utilização do método e as implicações destas modificações na análise dos dados. Chi chama seu método de “Análise Verbal”. Ela sugere uma mudança na descrição do método que, ao invés de tentar inferir o que está dentro da mente do sujeito, passa a se limitar à análise daquilo que é dito. Há uma diferença fundamental entre estes propósitos, pois Chi admite não ter acesso ao que se passa na mente do sujeito que fala²⁷. A análise verbal difere do método think aloud (1) no tipo de instrução dada ao sujeito; (2) no objetivo da análise; (3) no procedimento para análise; (4) na validação e (5) na conclusão, como se vê nos quadros seguintes.

Instrução aos sujeitos	
Think aloud	Análise verbal
<ul style="list-style-type: none"> • Devem falar enquanto resolvem um problema. Não devem explicar porque fizeram alguma coisa. • A instrução não deve influenciar o resultado da tarefa. 	<ul style="list-style-type: none"> • Devem explicar e justificar • Deve influenciar o resultado da tarefa.

Quadro 2 Diferenças entre os métodos de análise de protocolo think aloud e análise verbal: instrução aos sujeitos

Objetivo	
Think aloud	Análise verbal

²⁶ Um dado curioso é que esta é uma referência externa à literatura sobre design, já que vem do campo da educação em ciências.

²⁷ Assumir ser possível inferir processos cognitivos de baixo nível a partir das verbalizações não é, de forma alguma, ingenuidade dos autores do método think aloud: eles empregavam o método num contexto de resolução de problemas bem definidos.

<ul style="list-style-type: none"> • Capturar os processos (seqüência de estados) de resolver um problema. • A árvore de estados possíveis é o estado do problema. 	<ul style="list-style-type: none"> • Capturar as representações de conhecimento ao invés do processo. • Procurar descobrir qual o modelo para a tarefa o sujeito tem, ao invés de conhecer de antemão o estado do problema.
--	---

Quadro 3 Diferenças entre os métodos de análise de protocolo think aloud e análise verbal: instrução aos sujeitos.

Análise	
Think aloud	Análise verbal
<ul style="list-style-type: none"> • Como já se tem um modelo da tarefa (o estado do problema), pode-se fazer a relação entre o que o sujeito verbaliza com o possível estado em que ele se encontra. 	<ul style="list-style-type: none"> • Não se tem o estado do problema, logo não se pode determinar onde os sujeitos estão (uma inferência, um plano, uma pergunta).

Quadro 4 Diferenças entre os métodos de análise de protocolo think aloud e análise verbal: instrução aos sujeitos.

Validação	
Think aloud	Análise verbal
<ul style="list-style-type: none"> • Grau de identificação com o estado do problema (degree of match). 	<ul style="list-style-type: none"> • Métodos estatísticos ou análise qualitativa.

Quadro 5 Diferenças entre os métodos de análise de protocolo think aloud e análise verbal: instrução aos sujeitos.

Conclusões	
Think aloud	Análise verbal
<ul style="list-style-type: none"> • Tenta identificar estratégias de 	<ul style="list-style-type: none"> • Nenhuma conclusão em baixo

resolução de problemas através da seqüência empregada.	nível sobre a estratégia de resolução de problema. É esta representação que determina o processo de resolução de problema.
--	--

Quadro 6. Diferenças entre os métodos de análise de protocolo think aloud e análise verbal: instrução aos sujeitos.

As etapas para preparação e análise dos dados, no método de análise verbal são as seguintes (Chi, 1997, p.8):

1. Reduzir ou selecionar os protocolos. O motivo é que o trabalho de transcrever protocolos é demorado, e o volume de dados é muito grande. Por este motivo, Chi sugere que os protocolos sejam amostrados de alguma forma, por exemplo: aleatoriamente ou segmentos definidos pelo tempo. Não é comum, em pesquisas sobre design, realizar esta amostragem²⁸.
2. Segmentar os protocolos. Os segmentos são as unidades de análise, que podem ser definidos de várias formas: através de um intervalo de tempo pré-estabelecido, através da ocorrência de pausas ou através da identificação de idéias. Dois exemplos de como proceder são encontrados em Dorst (1997) e em Goldschmidt (1991). No primeiro, os segmentos eram arbitrados de acordo com o tempo: cada 10 segundos representavam um segmento. No segundo, criou-se uma figura de análise: os “movimentos” (moves), sendo definidos como *um ato de raciocínio que representa uma proposição coerente em relação à entidade que está sendo projetada* (Goldschmidt, 1991, p.125).
3. Desenvolvimento um esquema de codificação. Estes esquemas dependem sempre dos objetivos da pesquisa e do framework teórico do pesquisador. Neste ponto menciona-se a proposta de Gero e Neil (1998), que sugeriram que o esquema de

²⁸ Na verdade, não se encontrou um caso onde isto tenha sido feito.

codificação fosse feito à medida que se conhece o protocolo (ao invés de ser feito de antemão). Esta etapa é particularmente importante, e será tema de um item mais adiante nesta tese²⁹.

4. Aplicar o código aos segmentos. Em algumas pesquisas, esta etapa é feita por mais de uma pessoa (como DORST, 1997), ou pela mesma pessoa com um intervalo de pelo menos 10 dias (GERO e NEIL, 1998). Mas também há casos em que este passo não é repetido, como em Goel (1995).
5. Representar os protocolos codificados (opcional). Chi sugere que os segmentos codificados sejam representados graficamente. Como o esquema de codificação não é universal, as formas de representação também variam de pesquisa para pesquisa.
6. Procurar padrões no protocolo codificado.
7. Interpretar os padrões.
8. Repetir o processo (opcional).

2.5.1.1 Codificação de protocolos de design

A maioria dos estudos sobre design desenvolve seu próprio esquema de codificação, até porque, como visto nos itens anteriores, design é uma atividade difícil de padronizar. Todavia, há tentativas de propor o que seriam códigos aplicáveis a todas as situações de design, apresentadas nos dois sub-capítulos seguintes. Entende-se que eles podem ser divididos em dois grupos: de alto e baixo nível.

2.5.1.1.1 Esquemas universais de codificação de alto nível

²⁹ Item 3.4.3. Desenvolvimento um esquema de codificação, à página 85.

Esquemas de alto nível são mais abstratos e generalistas. Os esquemas de codificação conhecidos que têm esta natureza são os “movimentos” e a linkografia de Goldschmidt (1991, 1995) e os “nomes e contextos” de Schön (1998). Goldschmidt (1991) define um movimento como *um ato de raciocínio que representa uma proposição coerente em relação à entidade que está sendo projetada* (Goldschmidt, 1991, p.125). Esta forma de segmentar os protocolos ainda gerou uma representação muito conhecida e ligada à autora, a linkografia. Ela tem sido usada para avaliar a produtividade dos designers, pois os links entre os movimentos podem ser uma forma de medir o quão relacionadas às idéias estão dentro do projeto. A figura 8 mostra um exemplo desta representação.

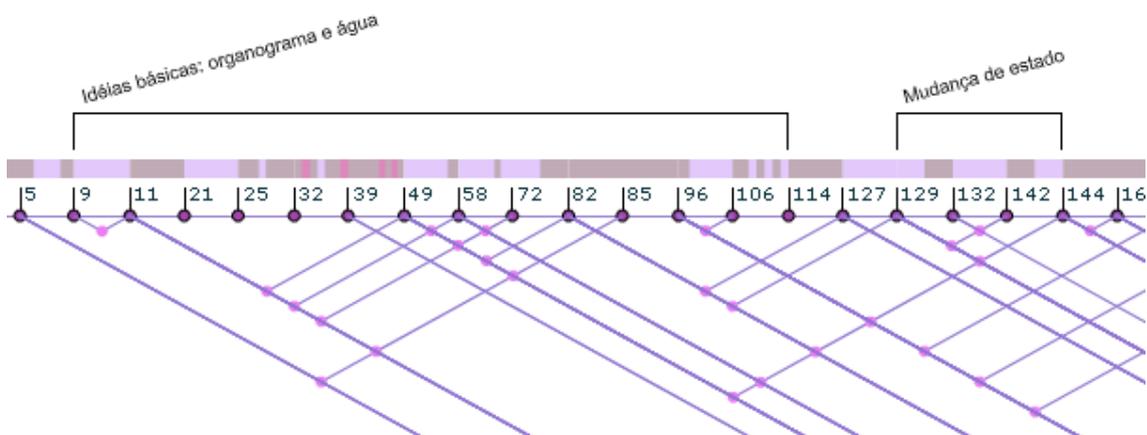


Figura 8 Trecho da linkografia de um dos protocolos analisados nesta tese.

O processo de design pode então ser analisado através dos padrões da linkografia: *chunks* – um grupo de movimentos ligados quase que exclusivamente entre si; *teia* – uma grande quantidade de links entre uma quantidade relativamente pequena de movimentos; *sawtooth track* - movimentos linkados apenas com seu antecessor (GOLDSCHMIDT, 1995, 1992). Também identifica dois tipos de links: para frente e para trás. Há uma diferença conceitual entre estes tipos: links para trás gravam o caminho para chegar a

uma idéia, e links para frente são evidência da contribuição de uma idéia para a solução final. Goldschmidt (1995) também identifica as variáveis “link index” (razão entre a quantidade de movimentos e a quantidade de links) e “critical moves”: movimentos com mais de 7 links (para frente ou para trás).

A intenção de Goldschmidt era buscar elementos para compreender o processo de projeto. No artigo “*The designer as a team or one*”, de 1995, Goldschmidt usa estes conceitos para comparar a produtividade de um designer com a de uma equipe de designer. Apesar do resultado (que dá nome ao referido artigo), Goldschmidt declara a utilidade destes três conceitos para analisar protocolos de design. Estes conceitos inspiraram Kan e Gero (2008) a utilizar técnicas matemáticas de análise de cluster e entropia para identificar a influência de cada chunk, aumentando a quantidade de informações que podem ser extraídas desta representação. Cai *et al.* (2010) por sua vez, modificaram a linkografia, acrescentando-lhe mais um eixo para conectar os movimentos, para permitir traçar a influência de diferentes fontes de inspiração para o projeto de uma casa de cerca de 135 m².

Outra forma de analisar o processo de projeto é encontrada em Dorst (1997), ilustrada na Figura 9. Dorst, comparando os paradigmas da resolução de problemas e da prática reflexiva, afirmou que é mais fácil codificar protocolos usando um esquema inspirado nos conceitos de Schön (“frames” e “names”), pois ele é feito a partir do protocolo. Por outro lado, isto torna a análise se torna mais difícil, pois cada designer usa seus próprios termos (p. 131). Seguindo esta proposta, cada protocolo teria um conjunto de códigos.

54			
55		substituir latas ao invés de limpá-las	coletar argumentos pró e contra
56	vandalismo		
57			
58		integrar latas na paredes	fazer inventário do espaço nos trens e da construção das paredes dos trens
59			
60		diferentes latas para diferentes tipos de lixo	coletar argumentos a favor
61	opinião da companhia		
62	informação sobre tipos de lixo		
63			
64		diferentes latas para diferentes tipos de lixo, e latas pequenas para lixo que não seja papel	

Figura 9 Codificação de um protocolo de design a partir dos conceitos de Schön (1998), retirado de Dorst (1997, p. 121).

2.5.1.1.2. Esquemas universais de codificação de baixo nível

Esquemas de baixo nível buscam capturar processos internos e fundamentais à cognição. Eles partem do princípio que o código modela a forma como pensamos. Ambos os esquemas que foram classificados nesta pesquisa como sendo de baixo nível incluem-se na linha de design como resolução de problemas, e têm, portanto, um comprometimento com a teoria computacional da mente. Foram encontrados dois esquemas de codificação que se propõe servir para todos os casos de design, os de Akin (1986) e os modelos de processo FBS (*Function, Behaviour, Structure*) e Situated FBS (doravante S-FBS) de Gero e Kannengiesser (2004). Ressalta-se, sobre estes esquemas, a aparente pouca adesão de outros pesquisadores. No caso de Akin (1986), Liikkanen e Perttula (2009) utilizaram um dos gráficos para percorrer a árvore de idéias geradas pelos designers. No caso de Gero, os estudos que usam o modelo FBS e variações são ligados ao autor.

Akin (1986) baseia-se na assunção que “existem invariantes nos mecanismos cognitivos usados pelos diferentes indivíduos. Assim, embora os conhecimentos e comportamentos dos designers possam variar, suas capacidades básicas de processamento de informação (tais como: codificação, manipulação e lembrança) são idênticas às capacidades observadas em outros contextos” (p. 20). Akin sugere codificar o processo de designer através dos processos primitivos: representação, projeção, aquisição, confirmação e regulação de controle. Os critérios para classificar um movimento num destes processos seriam:

- Aquisição (Pa): quando o sujeito faz uma pergunta, examina uma fonte de informação visualmente, lembra fatos da memória;
- Representação (Pr): quando o sujeito desenha, escreve ou verbaliza;
- Projeção (Pp): quando o sujeito transforma a informação num formato diferente, como no trecho: “podemos dizer que isso é uma garagem de dois carros”. Também quando ele tem uma idéia nova, ele estaria fazendo projeção (pois é uma transformação);
- Confirmação (Pc): quando o sujeito comenta a validade ou a correção de uma informação. Quando o sujeito interrompe um raciocínio, assume-se que ele encontrou uma inconsistência enquanto fazia a confirmação;
- Regulação de controle (Ps): quando o sujeito comenta o que deve ser feito em seguida. Akin ressalta que nem todas as instâncias desta categoria têm uma forma explícita.

A idéia é codificar o protocolo a partir destas categorias. Se dois processos estão em seqüência, assume-se que estão conectados. Se não, há três formas de entender as descontinuidades:

- Dados descontinuados: inatividade por mais de 5 segundos;
- Dados não-explicáveis: que não se enquadram em nenhuma das categorias;
- Dados não-conforme: quando uma seqüência não é compatível com o modelo (ver Akin, 1986, p. 81).

Além dos processos cognitivos que o designer realiza enquanto resolve o problema, os métodos de busca que ele utiliza também eram interesse de Akin. Haveria, segundo Akin, duas classes de métodos de busca: locais e globais. Os métodos locais seriam compostos por estratégias para varrer o espaço do problema: os métodos “profundidade primeiro” (*depth-first*), onde o designer desenvolve a solução até seu final, percorrendo a árvore em direção aos filhos de um nó; e “largura primeiro” (*breadth-first*), onde o designer desenvolve parcialmente as soluções, percorrendo a árvore no sentido dos nós irmãos. Os métodos locais de busca são: GAT (*Generate and test*); *hill climbing* e heurísticas. Os processos cognitivos fundamentais para o design, listados anteriormente, quando em conjunto, descrevem uma estratégia de busca. Por exemplo, uma seqüência como a da figura 10 mostra uma ocorrência da estratégia de busca *hill climbing*.

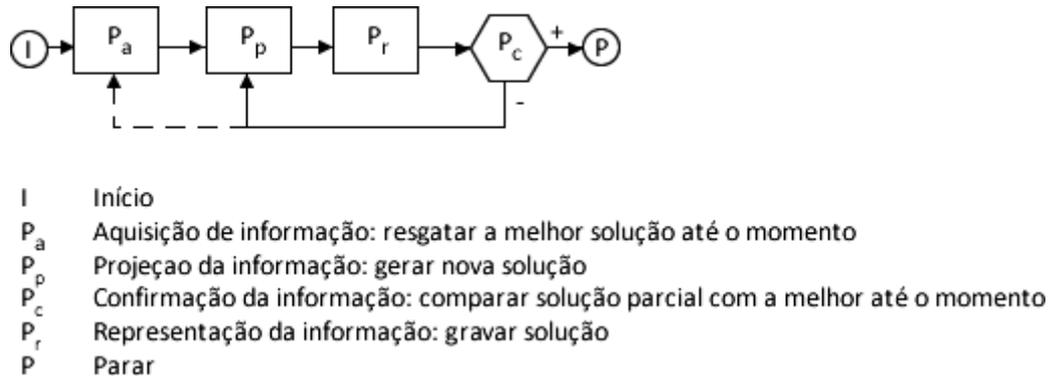


Figura 10 Estratégia *hill climbing* (retirado de AKIN, 1986, p.100).

O outro esquema de codificação de baixo nível que foi encontrado é o modelo FBS, proposto por Gero (1990). Gero afirma que a proposta do design é transformar um conjunto de funções F em uma descrição de design D , de tal forma que o artefato descrito seja capaz de desempenhar as funções (p. 27). Como não há como transformar diretamente funções em descrições, Gero postula diversas formas intermediárias de chegar às fórmulas:

- $F \rightarrow Ce$
- $Ce \rightarrow S(Cs)$

Onde a fórmula 1 indica a transformação de uma função (F) em um comportamento esperado (Ce), e a fórmula 2 indica que este comportamento esperado (Ce) será transformado em estrutura S a partir de um comportamento derivado da estrutura (Cs). Gero (1990) também fala de processos de design, como formulação, análise, síntese, avaliação, reformulação e produção da descrição, a partir do modelo. Da mesma forma que Akin (1986), Gero utilizou seu modelo para definir estes processos, como mostra a figura 11, que traz o modelo completo. Nela podem-se ver os caminhos possíveis dentro de um espaço de problema de design. Por exemplo: uma verbalização classificada como “função” pode ser seguida apenas por uma verbalização classificada como

“comportamento esperado”, que por sua vez por ser seguido tanto por uma verbalização classificada como “estruturação” como por “comportamento derivado da estrutura”. A aderência da codificação é medida em percentual de transformação corretas.

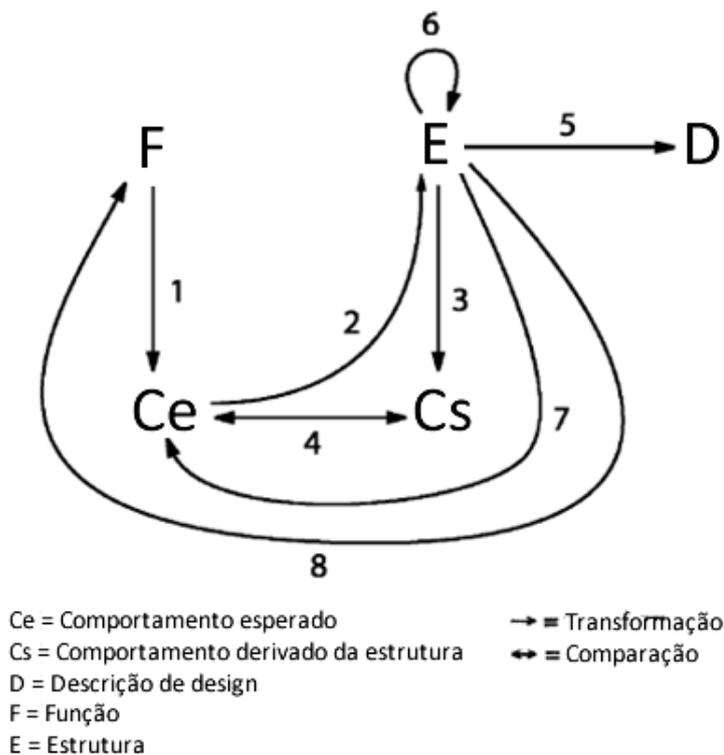


Figura 11 Transformações entre as entidades do modelo FBS. Retirado de Gero e Kannengiesser (2004, p. 375).

A proposta de Gero é bastante ambiciosa: ele inclui um modelo explícito dos processos cognitivos. Além disso, o modelo relaciona-se com a prática do design, e se propõe tanto para descrever as atividades da prática quanto para gerar ferramentas para assistir a prática. Através destes dois objetivos, eles buscam oferecer uma visão coerente sobre design. Mais tarde, Gero e Kannengiesser (2004) atualizaram o modelo FBS, pois ele não considerava o contexto dinâmico do design, composto pelo mundo externo, interno e interpretado. Desta forma, os oito processos originais foram desmembrados, e contam no modelo S-FBS 20 processos.

Kan e Gero (2009) compararam ambos modelos para descrever uma situação de design, sendo que o modelo FBS capturou 66% processos significativos, ao passo que o modelo S-FBS capturou 92%. O modelo FBS e derivados, no entanto, não são utilizados fora do grupo de Gero. Dorst e Vermaas (2005) acreditam que isto acontece porque o modelo não é claro e não demonstrou ter validade. Um dos problemas, segundo os autores, é que as definições para funções, comportamentos e estruturas são diferentes em diversos artigos, sendo que o problema mais crítico é em relação à definição do que seria um comportamento e na localização precisa da transição entre uma descrição intencional para uma estrutural (p. 22). Os autores questionam também como um comportamento esperado pode ser derivado da estrutura. Outra questão, de acordo com Dorst e Vermaas (2005), é o uso do modelo: ele deve descrever situações de design ou serve como modelo para construção de ferramentas computacionais? Os autores argumentam que há poucas pesquisas que focam na análise de atividades de design, e muitas que focam o uso do modelo para algoritmos de Inteligência Artificial e agentes para design³⁰. Por outro lado, pode-se argumentar que o modelo de Gero parte do princípio da centralidade da função no design. Este princípio já havia sido traduzido na fórmula *form follows function*. Em Petroski (1992) encontra-se uma crítica contundente à esta idéia, já que para o autor, a única coisa determinante sobre a forma é a frustração com o que já existe, e o desejo de ter algo melhor é o que motiva a invenção de novas formas e não necessidades pré-existentes.

³⁰ Ver <http://mason.gmu.edu/~jgero/>

2.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta revisão teve o objetivo de apresentar o framework teórico dentro do qual os objetivos serão investigados. Como consequência, a metodologia de coleta e análise de dados e as conclusões serão enquadradas nesta compreensão acerca do design.

O que se acredita, nesta tese, é que não há, na verdade, uma teoria que seja capaz de explicar design de forma analítica. Há duas visões que se opõem: a de Schön – orientada à prática, de difícil aplicação dentro da práxis científica – e a de Simon – que não consegue responder importantes perguntas da prática.

Como esta tese não tem a ambição de produzir uma terceira via, foi preciso conduzir a análise e a interpretação dos dados em alto nível – sem chegar à individuação de estados ou processos cognitivos. Pode-se dizer que neste “alto nível”, as duas visões – de Schön e de Simon – são concordantes. Para chegar à esta conciliação, os construtos da análise serão os movimentos (similares à estados do problema) e os contextos (sem paralelo na teoria de Simon). Movimentos foram definidos por Goldschmidt (1991, p.125) como “um ato de raciocínio que representa uma proposição coerente em relação à entidade que está sendo projetada”. Isto implica uma avaliação subjetiva (do pesquisador). Nesta tese, a conciliação entre os construtos “movimentos” e “estados do problema” se dá pela redefinição de movimento como “um ato de raciocínio que representa uma proposição coerente em relação à entidade que está sendo projetada, *representado por um conjunto de estados do problema*”. Desta forma, deseja-se ressaltar a crença que os estados do problema existem, apenas não se pode ter acesso a eles. Da mesma forma, os contextos, “baseados numa compreensão pessoal da tarefa” estão

permeados de subjetividade, fazendo sentido apenas quando interpretador pelo mediador
– o pesquisador.

3 METODOLOGIA

A metodologia desta pesquisa se baseia no método *think aloud*, proposto por Ericsson e Simon apud Craig (2001), ou seja, aos sujeitos da pesquisa foi dado um problema que eles procuraram resolver “pensando em voz alta”. Enquanto o fazem, o processo é filmado e posteriormente analisado.

O *think aloud* foi desenvolvido para compreender processos de resolução de problemas bem estruturados; processos cuja árvore de estados fosse possível conhecer. Apesar deste não ser o caso dos problemas de design (pouco estruturados por natureza), julgou-se que esta metodologia era a mais adequada, pois permitia um estudo em profundidade dos momentos iniciais do processo de projeto – e os objetivos desta tese estão todos relacionados a eles.

Se a metodologia em si foi mantida – ofertar um problema e pedir que se “pense em voz alta”, filmando o processo – a forma de conduzir o experimento não foi. O motivo é que se acredita que não seja possível determinar estados de um problema de design, como já se havia dito no capítulo anterior. Desta forma, não se acredita que se possa conhecer o que realmente pensa o sujeito que resolve o problema, nem quais estratégias ele usa – e é isso que se propuseram Ericsson e Simon apud Craig (2001). Por este motivo, escolheu-se utilizar a modificação proposta por Chi (1997), chamada “Análise Verbal”. O foco deixa de ser o processo cognitivo e passa a ser as representações utilizadas e os modelos da tarefa. A forma de fazer inferências sobre o objeto de estudo

também se altera: no método original, a “árvore” de estados do solucionador de problemas é comparada com uma “árvore-padrão” que representa as transições de estados que levam à(s) solução(es) correta(s); e na análise verbal se fazem análises quantitativas e qualitativas. A análise verbal é uma metodologia mais vertical que horizontal; ao invés de dizer pouco sobre uma população, se diz muito sobre uma amostra pequena. Nos capítulos seguintes serão descritos o experimento realizado e o procedimento de análise.

3.1. O EXPERIMENTO

Em conformidade com a metodologia *think aloud*, pediu-se que os sujeitos da pesquisa resolvessem um problema enquanto “pensavam em voz alta”. A fim de manter alguma semelhança com situações reais de projeto, foi dado a cada sujeito uma cópia do briefing³¹ – documento que contém as necessidades do projeto. Todas as sessões foram filmadas e analisadas.

Foram filmadas duas duplas, cada dupla formada por um designer e um químico especialista em educação, engajadas no projeto de dois artefatos digitais educacionais - os temas eram relacionados ao ensino de química – totalizando quatro sessões de projeto com duração média de 1,8h cada. O experimento foi rodado no estúdio de gravação do CESUP-UFRGS, retratado na figura 12.

³¹ Reproduzido no quadro 7, à página 77.

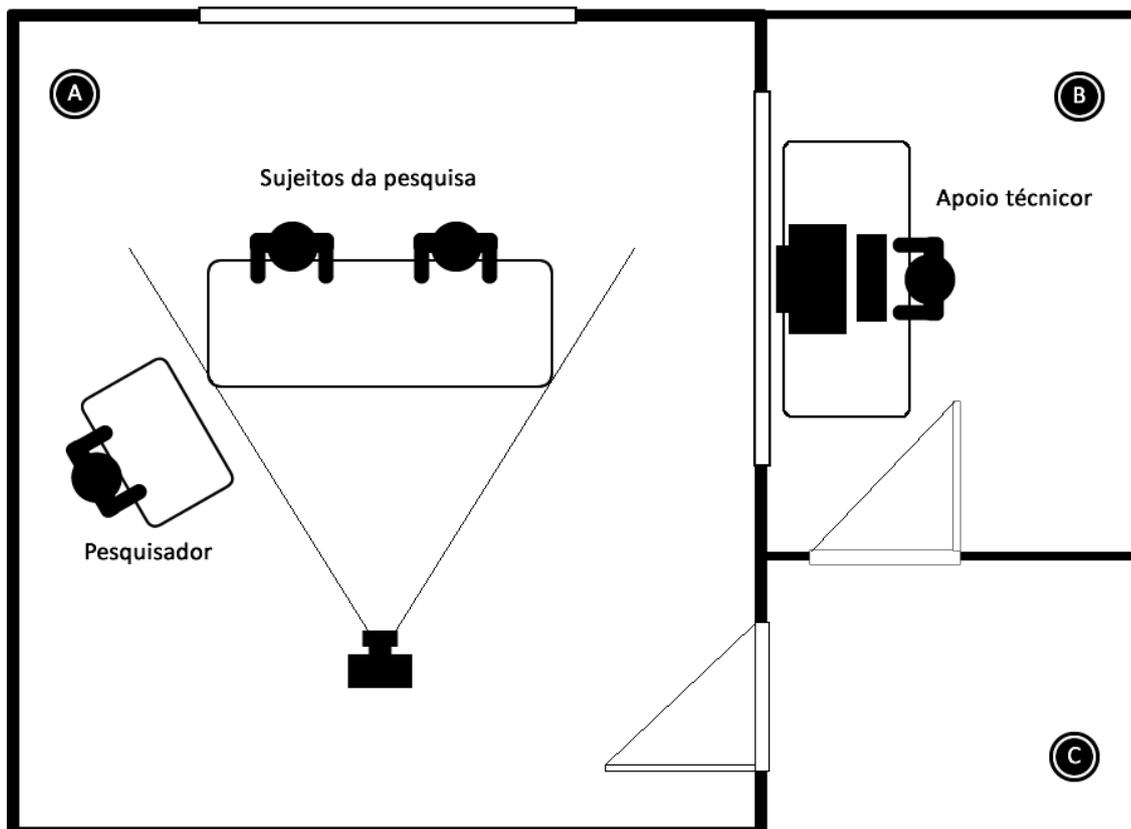


Figura 12. Sala estúdio de gravação do CESUP-UFRGS.

A sala conta com isolamento acústico e iluminação, duas câmeras (marca Sony, modelo EVI-D100), dois microfones sem fio (marca Shure) e, para gravação, conjunto de hardware-software *Video Toaster* (software de gravação digital, placa de captura, mesa distribuidora de sinais, *switcher* e computador). A câmera estava posicionada para capturar os dois sujeitos sentados e a mesa de trabalho. Foram disponibilizadas várias folhas de papel branco formato A4 e canetas hidrocor CE várias cores, com pontas grossas e finas.

3.2. TEMAS DAS SESSÕES DE PROJETO

O objetivo geral desta tese relaciona-se ao papel do designer em projetos de artefatos digitais educacionais. Como a intenção era evitar que o designer tivesse conhecimentos sobre a área de domínio, optou-se por dois temas de Química: Estados da Matéria e Solubilidade em Água. Estes temas foram escolhidos pelos seguintes motivos:

- Ambos são conteúdos obrigatórios do Ensino Médio;
- São bastante “visuais”, ou seja, a compreensão destes temas depende da interpretação de diferentes níveis de representação, *i.e.*, microscópico, macroscópico e simbólico;
- Têm níveis crescentes de dificuldade, ou seja, enquanto seria possível o designer ter algum conhecimento sobre Estados da Matéria, é pouco provável que tenha conhecimentos suficientes sobre Solubilidade em Água;
- Em ambos os temas há registro de “concepções ingênuas” por parte dos estudantes, como por exemplo, crer que uma molécula muda de tamanho quando muda de estado.

A tarefa de projeto foi dada aos participantes através de um briefing (quadro 7). Desta forma, a passagem de informação para os participantes sobre o objetivo da atividade é padronizada (esta é uma forma de controlar o experimento). Foram elaborados dois *briefings* idênticos, nos quais a única diferença eram os temas: Estados da Matéria e Solubilidade em Água. O quadro 7 mostra o *briefing* para Estados da Matéria.

Em resposta a um edital do Ministério da Educação e Cultura para produção de conteúdo digital para o ensino médio (também conhecido por “segundo grau”), foram montadas, na UFRGS, várias equipes interdisciplinares de produção. Você faz parte de uma equipe que irá produzir material para **Química**, e o tema a ser desenvolvido é **Estados da Matéria**. Sendo assim, pede-se que seja projetado um material educacional, em formato digital (i.e. para usar no computador), sobre o tema informado.

Veja na lista abaixo mais informações sobre o projeto que deve ser elaborado.

- O material é para ensino médio.
- O material pode ser utilizado em aulas presenciais ou à distância.
- Lideram sua equipe dois projetistas: um designer e um educador. Estes profissionais devem especificar / detalhar o material – até onde for possível com o tempo disponível.
- Além dos dois projetistas, podem fazer parte da equipe profissionais de apoio, tais como: desenhistas, animadores, roteiristas, revisores e programadores.

Se você tiver qualquer dúvida, não deixe de perguntar.

Quadro 7. Briefing da atividade sobre Estados da Matéria.

Todo o processo foi filmado, e os exercícios aconteceram em dias consecutivos para cada dupla. As duplas foram informadas que tinham duas horas para completar a tarefa.

Não foi fornecido nenhum tipo de material de apoio aos participantes, como livros, diretrizes curriculares, imagens ou acesso à internet. O motivo era evitar a introdução de ruído no projeto. Como o interesse era observar como o designer e o educador interagiriam, o fato de não haver, por exemplo, livros para consulta, não foi considerado fundamental.

Apesar de todos os participantes saberem de antemão que iriam participar de uma pesquisa acadêmica sobre Design e Informática na Educação e que seriam filmados, não sabiam o tema do experimento nem o seu propósito. Ao final das sessões, todos os participantes foram remunerados e responderam a um questionário sobre sua experiência acadêmica e profissional, como mostram os quadros 8 e 9.

- Quanto tempo de experiência com projetos você tem?
- Que tipos de projeto você realiza? Liste e estime a quantidade de projetos, por exemplo: “identidade visual, 3”, “web design, 1”.
- Você gosta de Química? Marque na escala abaixo.
Detesto muito _____ Gosto muito

Quadro 8. Questionário dado aos designers no final da última sessão (solubilidade em água).

- Quanto tempo de experiência com ensino você tem (sala de aula)?
- Já participou de algum projeto de materiais digitais? Liste todos e acrescente o papel desempenhado por você na equipe.
- Já havia trabalhado com um designer?
- Você gosta de Design? Marque na escala abaixo.
Detesto muito _____ Gosto muito

Quadro 9. Questionário dado aos educadores em química no final da última sessão (solubilidade em água).

O sumário dos resultados destes questionários está no item seguinte.

3.3. PARTICIPANTES

Participaram do experimento duas duplas, compostas por um designer experiente e um educador experiente; e um designer inexperiente e um educador experiente. Ambos educadores são do mesmo grupo de pesquisa e são colegas há mais de dois anos. Os perfis são descritos na lista abaixo:

- DE: Designer experiente; formado em arquitetura há mais de sete anos, trabalha principalmente com design gráfico e web design. À época do experimento estava no primeiro ano do mestrado em design. Também à época do projeto estava trabalhando em um artefato digital educacional, seu primeiro projeto deste tipo. Marcou no questionário (quadro 8) que gosta moderadamente de química.

- DI: Designer inexperiente; estava, à época do experimento, na metade do curso de graduação em Design. Já havia feito trabalhos em design gráfico, como *folders*. Nunca havia projetado *web sites* nem artefatos digitais educacionais. Marcou no questionário (quadro 8) que gosta de química.
- EQ(A): Especialista em Química A; formado em Química há três anos, recebeu distinção pelo seu desempenho acadêmico. Trabalhou como bolsista de iniciação científica no laboratório da AEQ – UFRGS (Área de Ensino de Química). Fez mestrado na área de Educação em Química, sempre ligado a este laboratório. Atualmente faz parte do quadro da UFRGS. Já havia trabalhado com projeto de conteúdo para Educação à Distância. Gosta de design, apesar de nunca ter trabalhado com designers.
- EQ(B): Especialista em Química B; formado em Química há doze anos, possui mestrado e doutorado em Psicologia, com foco na Psicologia da Aprendizagem. Já projetou e produziu seis softwares educacionais, voltados à temática ambiental, além de já ter trabalhado com designers (a autora desta tese). Trabalha em estreita colaboração com o orientador do Especialista A há pelo menos dez anos. Gosta de design.

As duplas foram organizadas da seguinte forma:

- Designer experiente + Especialista em Química A;
- Designer inexperiente + Especialista em Química B.

Foram convidados dois profissionais do mesmo laboratório porque ambos eram tanto especialistas em Química quanto em Educação. Além disso, considera-se que ambos compartilham o mesmo framework teórico a respeito dos processos de Ensino e Aprendizagem, já que trabalham no mesmo laboratório há mais de três anos, apesar de

terem atuado em projetos diferentes. A análise dos protocolos mostra que os dois educadores realmente têm visões parecidas sobre educação e química, pois diversos tópicos foram mencionados por ambos os sujeitos para um mesmo tema. Por exemplo.

Para o tema “estados da matéria”, os seguintes tópicos foram lembrados:

- Níveis de representação (macroscópico, microscópico e simbólico);
- Modelos de representação microscópica;
- Concepções ingênuas sobre representações;
- Substâncias “prototípicas” de cada estado da matéria: tudo que é líquido é água;
- Movimento (cinética) molecular;
- Mudança de estado físico;
- Transformações físicas x químicas;
- Conservação da matéria;
- Apresentar fenômenos do cotidiano;
- Usar fontes como revistas científicas e curiosidades;
- Apresentar vários exemplos;
- Dificuldade em encontrar outras substâncias – além da água – que se apresentem nos três estados da matéria, e que não sejam raras ou perigosas;
- É papel do professor avaliar a compreensão do estudante;
- Perguntas objetivas não são adequadas;
- Existência de um manual de orientação pedagógica para o professor;

3.3.1. Identificação das duplas e do projeto

Para facilitar a identificação das duplas e do projeto, usou-se a seguinte denominação:

- EM_DE_EQ(A): projeto Estados da Matéria; designer experiente e especialista em química A.
- SA_DE_EQ(A): projeto Solubilidade em Água; designer experiente e especialista em Química A.
- EM_DI_EQ(B): projeto Estados da Matéria; designer inexperiente e especialista em química B.
- SA_DI_EQ(B): projeto Solubilidade em Água; designer inexperiente e especialista em Química B.

As transcrições destes quatro protocolos estão disponíveis em formato pdf no cd que acompanha esta tese, na pasta “sessoes.de.projeto”. Nela também podem ser encontradas os desenhos produzidos pelos sujeitos da pesquisa.

3.4. MÉTODO DE ANÁLISE

O procedimento adotado foi o de Chi (1997), ou seja, depois de obtidas as cópias (arquivos de vídeo) das sessões de projeto, foi feita a transcrição. Durante esta etapa buscou-se anotar o que foi dito pelos participantes, o momento em que o diálogo iniciou e se foi feito algum gesto ou desenho. Ressalta-se que o fato de a câmera ter sido posicionada de forma a mostrar a mesa de desenho e de as canetas fornecidas terem a ponta grossa, a tarefa de relacionar os desenhos à medida que a transcrição foi feita não apresentou maiores dificuldades. Nos casos em que havia sido feito um desenho, anotava-se onde e o que havia sido desenhado.

Ao final deste processo, um caderno foi impresso com cada uma das sessões, e eles foram relidos e os segmentos redefinidos. Em alguns casos dividiu-se um segmento em dois, porém, na maioria das vezes, vários segmentos eram agrupados em um. O critério para este novo agrupamento era a identificação das menores componentes de um raciocínio. Os passos seguidos são descritos nos subitens seguintes, e obedecem rigorosamente o método de Chi (1997), apresentado anteriormente no capítulo da Revisão Bibliográfica..

3.4.1. Reduzir ou selecionar os protocolos (etapa opcional)

Esta etapa não foi realizada, pois se decidiu analisar todo o conjunto de dados. Chi (1997) sugere que esta etapa seja realizada caso o volume de dados seja muito grande.

3.4.2. Segmentar os protocolos

Esta primeira segmentação foi feita a partir de frase e pausas, sem procurar relacioná-las a uma linha de raciocínio. Decidiu-se começar desta forma para dar granularidade à segmentação.

Ao final deste processo, um caderno foi impresso com cada uma das (quatro) sessões, e eles foram relidos e os segmentos redefinidos. Durante este processo, algumas vezes dividiu-se um segmento em dois, porém, na maioria das vezes, vários segmentos foram agrupados em um.

Os segmentos, na maioria das vezes, podiam ser inscritos dentro de um grupo mais amplo, que define um contexto para o debate. Desta forma, os contextos eram um conjunto de segmentos. Ressalta-se que este processo de classificação envolve algum grau de interpretação pelo pesquisador.

Contextos e segmentos são tratados nesta pesquisa como unidades de análise; não se assume que eles sejam componentes de qualquer processo cognitivo – como os estados do problema o são. Todavia, estes conceitos serão usados para concluir sobre o processo – composto por uma sucessão de estados (figura 13).

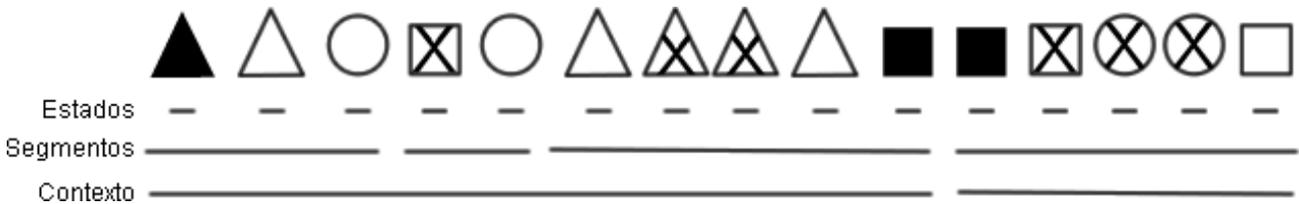


Figura 13. Relacionamento entre os conceitos de estado, movimento e contexto. Produzido pela autora.

A figura 13 mostra uma representação de como se entende o processo de resolução de problemas nesta tese. De acordo com a teoria de resolução de problemas, de Newell e Simon (1972), “o estado do problema são estruturas simbólicas que representam o conhecimento utilizado na execução da tarefa”. Estados do problema são considerados, nesta tese, como uma estrutura cognitiva, efetivamente utilizada para resolver o problema (de design, neste caso). Todavia, parte-se da premissa que não é possível ter acesso a eles. Os segmentos representam coleções de estados, e são identificados através da ação de interpretação do pesquisador – da mesma forma que os contextos, que dão sentido às coleções de movimentos. Um exemplo de segmentação está no quadro 10, que mostra um trecho de uma das planilhas com codificação do protocolo EM_DE_EQ(A).

Contexto	Autores dos segmentos	Início (s)
Plasma	DE: Tá, e o plasma? EQ(A): Ah, muito bem! Essa é uma pergunta que pode aparecer... EQ(A): É conhecido como o quinto estado da matéria [escreve isso na folha 1] DE: Tinha controvérsias se era classificado ou não...	200

Quadro 10. Exemplo de classificação nas unidades de análise, em “contexto” e “segmento”.

No quadro 10 se vêem na coluna “Contexto”, que o contexto denominado “plasma” começou no 200º segundo, e que contém 4 segmentos, cujos autores são: DE,EQ(A), EQ(A) e DE. Ressalta-se que este quadro é apenas para fins de apresentação, já que os dados efetivamente usados na análise vêm de um arquivo csv (*comma-separated values*), disponíveis no cd que acompanha esta tese. No quadro abaixo se mostra um pequeno trecho deste arquivo, do protocolo SA_DE_EQ(A):

0;Leitura do briefing e dúvidas;P, EQ(A), P,DE, P;0;0;#
1;Reconhecendo o tema; EQ(A),DE, P, DE, EQ(A), P, EQ(A), P, EQ(A), EQ(A), EQ(A), EQ(A), EQ(A), EQ(A), DE, DE, DE, EQ(A), EQ(A),t, EQ(A), EQ(A);0;484;8;4;#
2;Revisão; EQ(A),DE, EQ(A);1;683;1;28;595;#
3;Unidades de medida; EQ(A), EQ(A), EQ(A);0;702;1;47;595;#
4;Revisão;EQ(A);1,3;748;2;33;595;#

Quadro 11. Trecho do arquivo csv do protocolo SA_DE_EQ(A).

No quadro 11 os valores são separados por “;”. O primeiro valor é a identificação do contexto; seguido pelo nome do contexto; os autores dos segmentos de cada contexto; as identificações dos contextos relacionados, separados por vírgulas; o início do contexto em segundos.

3.4.3. Desenvolvimento um esquema de codificação

O esquema de codificação é uma forma de apoio à busca por regularidades nos protocolos, pois permite identificá-las com mais precisão. Ele representa também o “lado quantitativo” da pesquisa (o método de Chi prega que os dados quantitativos sejam ilustrados / explicados pelos qualitativos). Este código precisa ser feito de acordo com os objetivos da pesquisa, que neste caso são três. Na lista a seguir, os objetivos colocados no primeiro capítulo serão lembrados, juntamente com o código aplicado.

3.4.3.1 *Investigar se designers e educadores conseguem construir colaborativamente o espaço do problema.*

Como há (pelo menos) três áreas envolvidas no projeto – educação, design e química – é provável que nenhum dos sujeitos tenha domínio de todas elas. Desta forma, elementos que fazem parte do espaço do problema, precisam ser compartilhados para chegar a uma solução: a um projeto. Como, nesta pesquisa, decidiu-se por não tentar investigar os elementos do espaço do problema a baixo nível (pois, como os problemas são mal definidos não se pode, a princípio, chegar a eles), não se poderá nomear ou identificar os estados do problema nem funções de transformação ou avaliação. Todavia é possível investigar o espaço do problema em alto nível (como faz Goel, 1995). Para tanto, a busca será feita toda vez que uma idéia nova for lançada por um dos sujeitos – cada vez que um novo segmento for identificado. Neste caso, assume-se que o problema move-se para um novo estado, que precisa ser reconhecido e apreendido pelo outro sujeito.

As variáveis que interessam para esta pergunta são:

- `designerContexts` - Quantidade de contextos “exclusivos” do designer (todos os segmentos feitos pelo designer).
- `educatorContexts` - Quantidade de contextos “exclusivos” do educador (todos os segmentos foram feitos pelo educador).
- `designerMisunderstanding` – Quantidade de segmentos que expressam dúvidas ou não-compreensão por parte do designer.
- `educatorMisunderstanding` – Quantidade de segmentos que expressam dúvidas ou não-compreensão por parte do educador.
- `sharedFrames` - Quantidade de contextos compartilhados. Um contexto é considerado compartilhado sempre que contiver segmentos de autoria de um dos

sujeitos, independente da “densidade” da colaboração. Isto é, se um contexto possuir 10 movimentos, sendo 9 do designer e 1 do educador, ele será considerado compartilhado. Decidiu-se por este tratamento pois não se considera possível fazer julgamentos de valor (por exemplo: “este movimento não é tão importante para que se considere este contexto como compartilhado”). Também não se usou uma função que calcule densidade (por exemplo: “um contexto é considerado compartilhado quando um dos sujeitos participa com pelo menos 40% do total de segmentos”) por dois motivos: (1) como especificar qual o percentual adequado para considerar um contextos compartilhado (40%?, 45%?) e (2) segmentos são coleções de estados – e não podem ser divididos, pois isso significaria, além do rompimento do agrupamento de estados, uma divisão dos estados (que não podem ser divididos).

- `changedMoves` – Quantidade de segmentos cujo segmentos anteriores são de autoria do outro sujeito. Se a autoria dos segmentos for alternada, este valor será igual a 100.

Por exemplo, seja o seguinte trecho, do protocolo SA_DE_EQ(A):

Tela de interação; de, eqa, eqa, eqa, eqa, de, de, -eqa, de, eqa, de, eqa, de, de, eqa, eqa, eqa, -de, eqa, de, eqa, de, de, eqa, de, eqa, de, eqa, eqa, de;

O contexto deste exemplo chama-se “Tela de interação”, e possui 30 segmentos. Destes, dois são erros de compreensão manifestos pelo designer (-DE). Ele possui 20 segmentos alterados (o atual é diferente do anterior), e 9 mantidos. A razão entre estes dois tipos de segmento é 0.68 (segmentos alterados / total de segmentos – 1). Estas variáveis foram computadas com o auxílio de um programa escrito especificamente para esta função, que também gera gráficos dos segmentos e contextos. Este programa está

disponibilizado no cd que acompanha este volume, e é possível acessá-lo clicando no link “Objetivo específico 1”, do arquivo HTML que está dentro da pasta “data.software”.

3.4.3.2. Entender que estratégias o designer usa para projetar quando não possui conhecimentos específicos na área de domínio do projeto.

Este objetivo baseia-se na suposição que o designer consegue projetar mesmo que não tenha condições ideais para tanto – logo, ele deve utilizar alguma estratégia para lidar com esta situação. Na verdade, esta suposição é importante não apenas para artefatos educacionais, mas para quase todos os casos de design, já que dificilmente o designer terá domínio de todas as áreas que envolvem o projeto. Pode-se aceitar que o projeto de artefatos educacionais seja um caso extremo, e por este motivo uma oportunidade para investigar estas estratégias.

Durante a transcrição dos protocolos, percebeu-se que os designers fixaram-se na primeira solução, um resultado relatado por Newstetter e McCracken (2001) e por Purcell e Gero (1996). Isto levou ao que pareceu como um forte comprometimento com a primeira solução, prevalecendo um modo “vertical” de resolução de problemas. Akin (1996) havia afirmado que designers usam preferencialmente estratégias “horizontais”; *breadth-first*, nas quais não se desenvolve um problema até o fim, nem se criam vínculos fortes entre as soluções dos subproblemas. Goel (1989, 1995) identificou, em sua análise do espaço de problema de design, duas características que podem estar relacionadas a estas estratégias:

1. Decomposição dos problemas em módulos semi-abertos – *leaky modules* – com conexões com outros módulos e uso de um modo de compromisso limitado: os sujeitos não se comprometem com as soluções geradas, podendo modificá-las à medida que o projeto avança. Ressalta-se que a existência de conexões entre os módulos é feita de forma subjetiva pelo pesquisador, que se baseia no seu

conhecimento sobre a área de domínio (Goel, 1995, p.104). Antes de Goel, Goldschmidt havia se questionado a respeito das conexões entre módulos no processo de design, declarando os conceitos “backlinks”, “forelinks” e “critical moves” (GOLDSCHMIDT, 1992), como visto no capítulo da Revisão Bibliográfica. Liikkanen e Perttula (2009) e Ho (2001) também investigaram a decomposição de problemas de design, porém utilizando os conceitos de “decomposição explícita” e “decomposição implícita” (igualmente descrito no capítulo da Revisão Bibliográfica).

2. Fases distintas dentro do processo de resolução de problemas: estruturação e resolução. A fase de resolução apresenta três fases distintas: projeto preliminar, refinamento e detalhamento. Estas diferentes fases do processo foram definidas por Goel (1995), e estão alinhadas com sua Teoria do Design Genérico, apresentada no capítulo da Revisão Bibliográfica.

Baseado nestes conceitos foram definidos dois conjuntos de variáveis:

1. Variáveis calculadas para cada contexto.
 - o `forelinkIndex` – a razão entre a quantidade de vezes que um contexto foi citado e a quantidade de vezes em que ele poderia ter sido citado. A quantidade de vezes que ele poderia ter sido citado é igual à quantidade de contexto menos a posição do contexto corrente. Foram levados apenas referências aos contextos da sessão corrente. A figura 14 ilustra o significado e o procedimento de cálculo desta variável.
 - o `backlinkIndex` – a razão entre a quantidade de referências a outros contextos feitas dentro de um dado contexto, sobre a quantidade possível de referências. A quantidade possível de referências é a posição do contexto corrente. Foram levados apenas referências aos contextos da sessão corrente. A figura 14 ilustra o significado e o procedimento de cálculo desta variável.

- o `timeIndex` - razão entre o tempo total e o tempo gasto em cada contexto.

	citações	forelinkIndex	referências	backlinkIndex
0	0	$0 / 4 - 0 = 0$	0	$0 / 0 = \text{Infinity}$
1 ₀	3	$3 / 4 - 1 = 1$	1	$1 / 1 = 1$
2 _{0 1}	1	$1 / 4 - 2 = 0.5$	1	$1 / 2 = 0.5$
3 _{0 1 2}	1	$1 / 4 - 3 = 1$	2	$2 / 3 = 0.6$
4 _{0 1 2 3}	0	$0 / 4 - 4 = \text{Infinity}$	2	$2 / 4 = 0.5$

Variáveis:

Total de frames = 4

Figura 14. Demonstração do procedimento para cálculo das variáveis `forelinkIndex` e `backlinkIndex` para um conjunto de 4 contextos.

Na figura 14 os números pequenos em preto na primeira coluna indicam as relações de cada um dos contextos, por exemplo: o contexto 2 se relaciona com o contexto 1 (os cinzas representam relações possíveis e não realizadas). Ressalta-se que a forma de calcular foi diferente da usada originalmente por Goldschmidt (1992), que contava quantas vezes um contexto (nó da linkografia) havia sido citado.

2. Variáveis do conjunto de contextos (variáveis da sessão).

- o `singleAttendedContext` - porcentagem de contextos em que o designer menciona o contexto apenas uma vez.
- o `nonReferenceContext` - porcentagem de contextos em que o designer não faz referência a outros contextos dentro de um contexto dado.
- o `conexionDensity` - percentual do total de conexões possíveis efetivamente realizadas. O total de conexões foi calculado como o valor do somatório da

quantidade total de contextos. Goel (1995) usou arranjos para calcular a densidade de conexões, porém acredita-se que esta não seja a melhor escolha, já que um dado contexto apenas pode relacionar-se com contextos anteriores. Desta forma, para um conjunto de 5 contextos, a quantidade possível de conexões seria igual a $1+2+3+4+5=15$, ao invés de 210 (A52). Ver a figura 14 para um exemplo.

Estas variáveis foram computadas com o auxílio de um programa escrito especificamente para esta função³².

O outro ponto em relação ao processo de projeto destacado por Goel (1995, p. 114) é a existência de fases bem definidas:

- Estruturação do problema (S): agregação de novas informações ao problema.
- Design preliminar (P): exploração e geração inicial de idéias.
- Refinamento (R): elaboração das idéias.
- Detalhamento (D): definição da forma final da idéia.

Desta forma, os protocolos foram classificados de acordo com estas fases. A classificação dos segmentos dos sujeitos nestas etapas foi a única parte deste trabalho em que se utilizou um código de outro autor – o que dificultou a aplicação, pois às vezes tornava-se difícil a classificação. A fim de minimizar este efeito, melhorando as chances de a classificação estar correta, empregou-se os 5 critérios colocados por Goel (1995, p. 118) para discernir entre cada uma das etapas, conforme listado:

³² Este programa está disponibilizado no cd que acompanha este volume, e pode ser acessado clicando sobre o link “Objetivo específico dois” do arquivo HTML que está dentro da pasta “data.software”.

1. Diferenças no foco em determinadas características do problema: à medida que o projeto avança do design preliminar ao detalhamento, diminuem as considerações sobre aspectos abstratos e intangíveis, e aumentam as considerações a aspectos estruturais.
2. Fonte primordial de conhecimento: inputs do briefing e do cliente diminuem à medida que se avança no projeto, e desaparecem na fase de detalhamento.
3. Grau de compromisso: há um aumento na quantidade de verbalizações comprometidas com soluções. Este compromisso é expresso nos desenhos (quando se desenha o que se fala). No caso desta pesquisa, foi possível identificar estes episódios (verbalizações comprometidas como desenhos), pois durante a transcrição foram feitas referências ao que estava sendo escrito / desenhado e em que folha. O quadro 12 mostra algumas destas referências entre “[]”. Desta forma se tornou fácil ver quais itens dos desenhos estavam sendo produzidos em cada momento.
4. Nível de detalhe: Na fase de detalhamento são mais explícitos e detalhados os textos e desenhos.
5. Ocorrência de transformações laterais (de uma idéia para outra) na etapa de design preliminar, e de transformações verticais (detalhamento de uma idéia) nas etapas de refinamento e detalhamento.

Um fator que dificultou a classificação foi o fato dos protocolos dos educadores não terem momentos identificáveis como “P”, preliminar. Um dos motivos é que os educadores desenhavam e escreviam pouco, e quando o faziam não é possível perceber aumento na quantidade de detalhes ou no cuidado com o acabamento. Por isso, convencionou-se que:

- Os segmentos dos educadores podiam ser classificados apenas como S (estruturação); R (refinamento) e D (detalhamento). Isso porque não foi possível definir diferenças entre segmentos S ou P e P e R. Os educadores não demonstravam momentos que pudessem ser classificados como “preliminares”.
- Um segmento é considerado “S” quando o educador: lembra de um tópico, justifica importância de um tópico ou explica um tópico.
- Um segmento é considerado “R” quando o educador insere o tópico em sentenças sobre design ou educação, quando o tópico deixa de ser um “objeto” relacionado à química e passa a ser relacionado à design ou educação.
- Um segmento é considerado “D” quando a inserção do tópico na estrutura se torna proeminente.

Além disto, também se convencionou que:

- Apenas as verbalizações eram classificadas. Se o designer, por exemplo, ficasse muito tempo sem falar nada, apenas ouvindo o educador ou desenhando, suas ações não eram classificadas. O quadro 12 mostra um exemplo de segmentos do sujeito DI que não foram classificados – apesar de ele estar desenhando. O motivo é que, diferentemente de uma verbalização, não se pode identificar segmentos em um desenho, de forma que não se pode dizer quantas ocorrências de uma determinada etapa ele representa.

Início (m)	DI	Atividades do sujeito DI não contabilizadas EQ(B)
13		Todos esses anions que são anions compostos eles têm um volume molecular maior.
	[escreve na f1]	Então o volume do anion e um dado importante pra saber da solubilidade...
		Outra coisa do volume do anion que e importante pra saber de solubilidade, e a carga eletrônica desse anion...
		Se esse anion tem, por exemplo, uma carga eletrônica, tem duas cargas eletrônicas... Como é que é a questão da carga eletrônica do anion...
		Então volume a carga eletrônica... Agora, só estou falando isso do ponto de vista do anion [escreve na base da f1]
	[escreve na f1]	“cátion” Eu tenho que pensar no outro ponto de vista que e o ponto de vista do cátion...
		O cátion, já que tem carga positiva, ele normalmente e um cátion derivado do metal...
	[escreve “derivados do metal” na f1]	Então eu posso ter, por exemplo, desde cátions mais simples, como lítio, sódio, potássio... Posso ter cátions como cálcio, magnésio... [escreve na f1]
		E esses cátions que tem cargas diferentes, ele s podem estar associados aos diversos anions...
		Dependendo do par de cátion e anion, eu vou ter substancias que são solúveis ou substâncias que não são solúveis...
	[escreve na f1]	E essa e uma regra que vai vir destes dados empíricos par ser... Quer dizer, empiricamente, eu vou ter um valor que vai me dizer qual e o par de cargas cátion e anion que é solúvel e que não é solúvel...
	[continua escrevendo]	E esse par cátion e anion que e solúvel que não é solúvel... Vai ter uma implicação que é em função da energia de rede da formação do sistema cristalino desses sais

Quadro 12. Protocolo SA_DI_EQ(B). Dentro dos colchetes se notam referências à atividade do sujeito DI. Como não há verbalizações, elas não foram classificadas.

- As revisões foram classificadas como refinamentos, pois os tópicos nelas abordados já haviam sido classificados na etapa “design preliminar”.
- Segmentos podem ser classificados como “D” mesmo que não haja desenho. Se uma função for extensamente debatida, de forma vertical, considerou-se o tópico como “D”. Um exemplo é mostrado no quadro 13.

Redação da questão de encerramento	
Início (m)	DE EQ(A)
112	[Vai escrevendo enquanto fala]... Baseado neste texto... E no conteúdo neste software... Neste cd rom, ou nessa apresentação... [para e espera o sujeito EQ(A) completar]
	Como... Como a gente pode dizer... Como você explicaria... Explique abaixo... Represente...
	[complementando] Por meio de texto e desenho...
	[Escreve enquanto o sujeito EQ(A) fala] A transformação pela qual a água... né... Esse... Explique... O que está acontecendo com a água... O que aconteceu com a água que a navezinha viu?
	[Vai escrevendo enquanto fala]... Explique abaixo por meio de texto e desenho, o fenômeno ocorrido... [eco] o fenômeno ocorrido...

Quadro 13. Protocolo EM_DE_EQ(A). Trechos classificados como “D” – detalhamento, tanto para os sujeito DE como para o sujeito EQ(A). Durante este trecho, não foram feitos desenhos bem acabados, apenas textos.

Cada protocolo foi codificado duas vezes, pois a familiarização com os textos é importante para classificar o segmento dentro da sessão. Em seguida, a porcentagem de ocorrência das etapas foi agregada de cinco em cinco minutos, como feito por Goel (1995), para o designer e para o educador, gerando dois gráficos de etapas por sessão. Não foi gerado um gráfico com o resultado acumulado dos dois sujeitos, pois as falas dos educadores foram classificadas em três categorias, enquanto que as dos designers em quatro. Deseja-se comparar a frequência e a duração de cada etapa.

3.4.3.3. Identificar evidências de sobreposição e cruzamento entre os domínios Educação, Química e Design.

Este objetivo parte da suposição que estas três dimensões são necessárias: não é possível encontrar uma boa solução em artefatos educacionais (para ensino de química, no caso desta pesquisa) se qualquer uma destas for negligenciada. Por isso, se buscará evidências de integração nos protocolos. A definição de integração é encontrada em Dorst

(1997, p.78)³³: *alguém está projetando de forma integrada quando demonstra um processo de raciocínio no qual os movimentos (moves) são feitos enquanto se considera os diferentes contextos (formas distintas de olhar impostas à tarefa de design).*

Dorst (1997) buscou por evidências de sobreposição, de forma quantitativa, através da listagem de contextos (por exemplo: ergonomia, forma e mercados) e tópicos (por exemplo: manutenção, materiais e segurança). Para cada segmento, Dorst aplicava um código para os contextos e para os tópicos. Desta forma, ele mantinha trilha de quando num dado contexto abordavam-se diferentes tópicos.

Nesta tese, considera-se que há duas ocasiões principais para se procurar por evidências de integração: (1) quando o designer não estiver “focando” em design (e da mesma forma quando o químico não estiver “focando” em química ou educação), por exemplo: quando se argumenta que a navegação deve permitir que o estudante reveja o conteúdo, temos um movimento que “pertence” ao design, mas que é “focado” em educação.

Para este objetivo, tentou-se, como nos dois objetivos anteriores, definir variáveis que pudessem ser quantificadas. Tentou-se buscar pelas seguintes variáveis nos protocolos:

- `nonDesignDesigner´sSegment` – percentual do total de segmentos do designer cujo contexto não é design.
- `designEducator´sSegment` – percentual do total de segmentos do educador cujo contexto é design. Supõe-se que o educador tenha tanto as áreas de educação como química como as “áreas de conforto”.

³³ Dorst dá, na verdade, duas definições de integração, uma à página 55 (segundo o paradigma de resolução de problemas) e outra à página 78 (segundo Schön).

Porém, já na primeira tentativa, decidi não fazer esta busca por evidência de integração através de regularidades nos protocolos. O motivo é que não se conseguiu encontrar uma forma de identificar de forma inequívoca a ocorrência de integração. Certamente era possível saber quando o educador estava pensando em design e quando o designer estava pensando em educação, mas não se conseguiu determinar qual o foco do segmento. Por este motivo, decidiu-se buscar por evidências de sobreposição entre domínios através da análise qualitativa dos protocolos.

O quadro 14 mostra um exemplo da dificuldade encontrada com a definição do foco dos contextos. Neste exemplo, está em debate a necessidade de mostrar conhecimentos que seriam requisitos para responder determinada pergunta. O sujeito DE sugere que se crie “outra tela” para apresentar determinado conteúdo. Esta é uma ação relacionada a design – “telas” são um construto de design de interfaces. Porém, o objetivo de desenhar telas não é a tela em si, é promover a compreensão de um determinado conteúdo – logo o foco seria educação. Desta forma, todos os segmentos são classificados como educação, e nenhum como “química” ou “design”. Química e design são meios; educação é o fim.

Estratégia: mostrar pré-requisitos antes		
Início (m)	DE	EQ(A)
68	Ta, mas eu acho que tu não podes misturar esse conteúdo das unidades de medida com essas explicações... Eu faria outra tela... Que teria aquele mesmo mote ali... Teria o mesmo layout...	

Quadro 14. *Protocolo SA_DE_EQ(A). Sujeito DE sugere construir uma “tela” para mostrar os conceitos requisitos. O objetivo é educacional; o design é um meio.*

3.4.4. Aplicar o código aos protocolos.

O esquema de codificação foi aplicado apenas pela autora desta pesquisa, e o processo foi repetido duas vezes, com intervalo de uma semana para cada protocolo.

Esta abordagem já foi usada por Goel (1995) e por Gero e McNeil (1998). Não se considerou viável pedir que outra pessoa realizasse este trabalho, pois cada protocolo, além de extenso, foi classificado de várias formas diferentes.

3.4.5. Representar os protocolos codificados (etapa opcional)

Sempre que possível, utilizou-se representações visuais para os dados, como gráficos de barras, de pontos e de áreas.

3.4.6. Procurar padrões no protocolo codificado

Os padrões encontrados são apresentados no capítulo seguinte (Resultados). Eles são analisados tanto quantitativamente como qualitativamente, pois, neste caso, uma análise complementa a outra.

3.4.7. Interpretar os padrões

A interpretação dos resultados é o conteúdo do capítulo das Conclusões.

3.4.8. Repetir o processo (opcional)

Não se considerou necessário repetir o processo. Também não se tem notícia de pesquisas que tenham realizado esta etapa.

3.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O primeiro contato da autora desta tese com o método da análise verbal foi em um artigo de Craig (2001), que comparava diversas abordagens para a pesquisa em design. A partir desta primeira leitura, julgou-se que era o mais adequado para observar estes primeiros momentos do processo de projeto – o objetivo deste trabalho. Esta impressão se fortaleceu com a leitura do artigo de Chi (1997), que além de mostrar de forma clara as

diferenças entre sua proposta e a de Ericsson e Simon, dava também um “passo-a-passo” para a aplicação do método, referindo cada passo a uma necessidade da análise.

O objetivo de Chi não se destinava especificamente à análise de problemas de design, mas, ao elencar as diferenças entre os objetivos da análise verbal e do “*think aloud* original”, tornou-se claro que este método se enquadrava dentro do contexto teórico escolhido nesta tese. Além disso, este método desobriga o investigador da individuação dos estados do problema. Também se deve mencionar o fato que foi relativamente simples aplicar o método – as etapas se sucedem numa seqüência lógica. Como comentário final deseja-se ressaltar que a maior dificuldade foi com a quantidade de trabalho associada a estas análises, principalmente com as etapas da transcrição dos vídeos.

4. RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados das análises quantitativas e qualitativas. Seguindo a ordem proposta pelo método “Análise Verbal” (CHI, 1997), a primeira parte conterà os dados quantitativos, e a segunda parte trará elementos da análise qualitativa, ou seja, aspectos que estão no escopo dos objetivos da pesquisa que não foram capturados pela análise quantitativa. Através da análise quantitativa, se buscará padrões comuns às sessões. Uma vez identificados estes padrões, se busca por evidências da ocorrência concretas dentro de cada uma das sessões (figura 15).

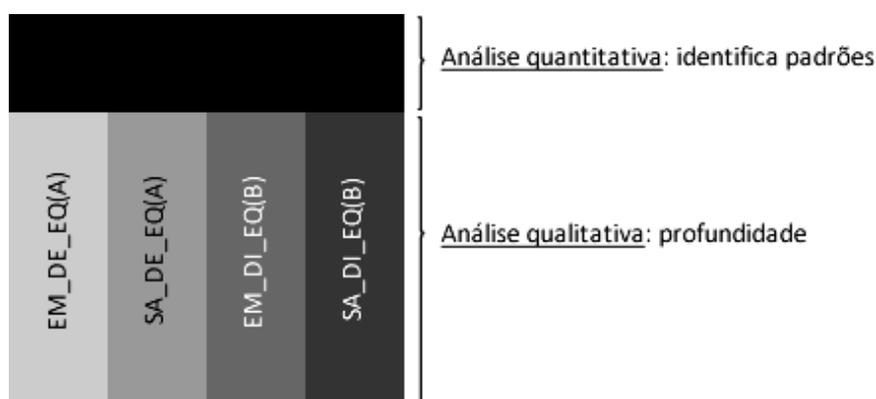


Figura 15. Como os diferentes tipos de análise se completam no método “Análise Verbal”, de Chi (1997).

Antes, porém, de iniciar a análise dos dados, cabe apresentar os resultados dos projetos realizados em cada uma das quatro sessões. Isto será feito através da exposição dos sketches produzidos no final das sessões³⁴, e entregues por cada uma das duplas como a especificação do artefato para a equipe de produção, conforme o briefing.

³⁴ Não serão apresentadas todas as imagens produzidas. O cd que acompanha este volume traz todas as imagens, na pasta “protocol.images”.

4.1. RESULTADOS DOS PROJETOS

4.1.1. Sessão EM_DE_EQ(A)

A sessão EM – estados da matéria – da dupla DE_EQ(A) foi a primeira a ser realizada. Durante a sessão, o artefato foi organizado numa estrutura “em árvore”, com o conteúdo representado em seus “nós”. A água foi o “eixo central” do projeto, sendo referência em muitas das telas. As telas produzidas estão descritas em seqüência nas imagens seguintes. Foram produzidas 20 telas de desenho pelo designer DE.

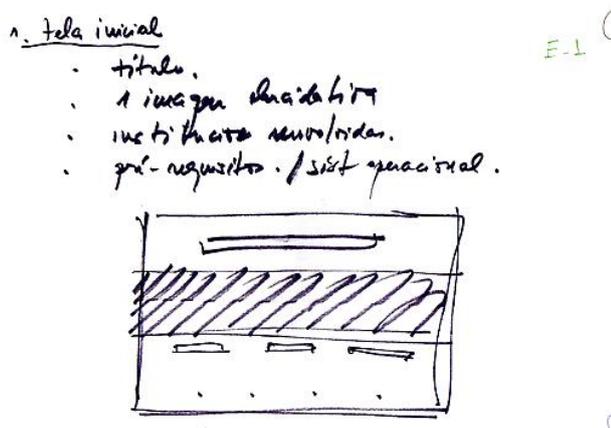


Figura 16. Tela inicial

Esta tela (figura 16) é a “abertura”, a “home”. É vista quando se abre o artefato. Ela contém informações gerais, como título, imagens relacionadas ao tema, links para os conceitos pré-requisitos e créditos.

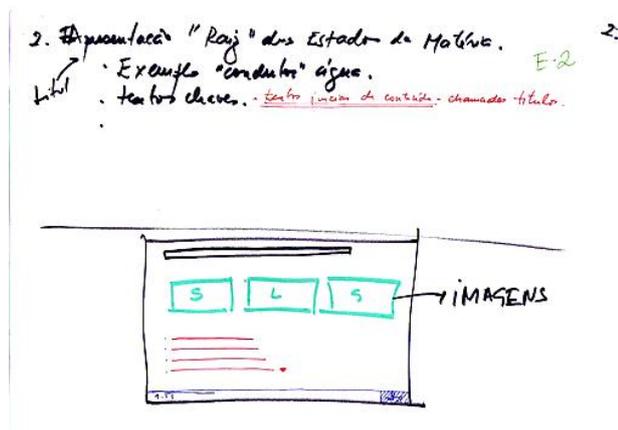


Figura 17. Tela "raiz" dos estados da matéria.

Nesta tela (figura 17) são mostradas três imagens da água nos três estados físicos (sólido, líquido e gasoso), com "textos explicativos" sobre os estados. Na parte inferior da imagem se vê uma barra que está presente em todas as telas, que representa um menu de navegação, cujos botões são acrescentados à medida que se avança no artefato. À direita, nesta barra de menu, se vê um pequeno quadrado hachurado, que representa um link para uma janela onde é mostrado um "mapa conceitual".

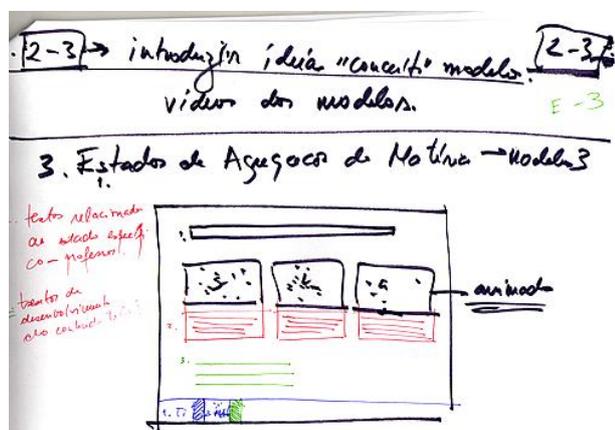


Figura 18. Tela de modelos

Esta tela (figura 18) tem a mesma estrutura da tela anterior, pois sua função é apresentar o conceito de "modelos". Nela, ao invés das imagens (macroscópicas) da água nos três estados, se vê imagens dos modelos que representam a água nos três estados.



Figura 19. Outros exemplos.

Esta tela (figura 19) desenvolve o tema da tela anterior: os modelos de representação. Nela, são apresentadas imagens macroscópicas de algumas substâncias nos três estados, conjugadas com as imagens dos modelos. A intenção é mostrar outras substâncias que não a água.

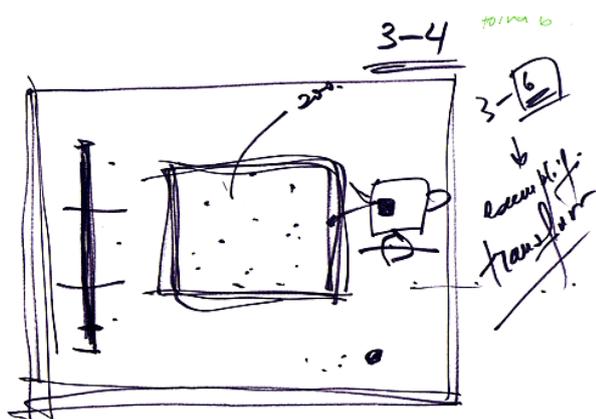


Figura 20. Tela da "chaleira".

Nesta tela (figura 20), a fim de introduzir o tema "transformações físicas da matéria", o estudante pode mudar a temperatura interna de uma chaleira cheia de água, e ver o que acontece com as moléculas. A idéia é reforçar o efeito da temperatura nas moléculas, e que elas não mudam de forma. Além disso, seria possível ver que a mudança de estado é na verdade um aumento na agitação das moléculas.

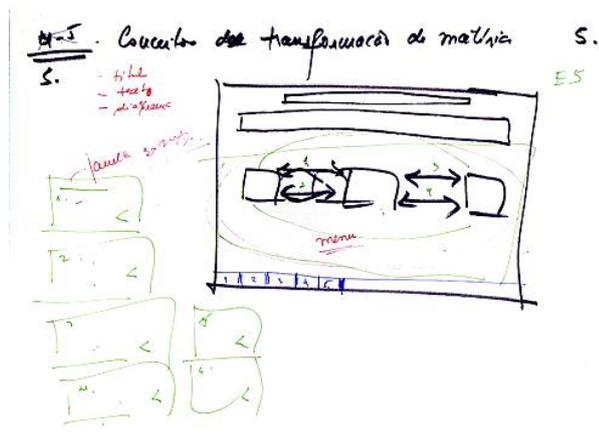


Figura 21. Tela de transformação.

Esta tela (figura 21) consolida o tema “transformações físicas da matéria”, tendo a água como exemplo. Nela podem ser vistas setas que indicam as transformações possíveis. Ao clicar nestas setas, surge uma janela com vídeos e textos sobre a transformação em questão (representadas em verde, fora da “janela” principal).

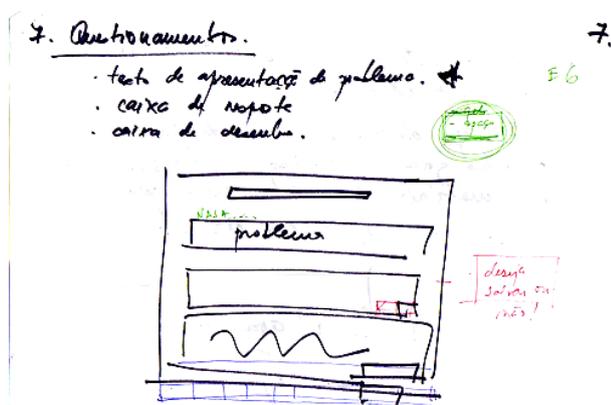


Figura 22. Tela de “questionamento”.

Esta tela (figura 22) encerra o uso do artefato, colocando uma pergunta que deve ser respondida pelo estudante. A pergunta é sobre a “água de Marte”: refere-se ao fato de uma espaçonave enviada para Marte ter encontrado água sólida e gasosa, e não água líquida. A tela tem, além do texto da pergunta e do espaço para escrever, recursos para desenhar.

4.1.2. Sessão SA_DE_EQ(A)

Nesta sessão a dupla DE_EQ(A) aproveitou muito da estrutura montada na sessão anterior. Assim, este artefato também é organizado como uma “árvore”. Uma diferença que se nota entre as sessões desta dupla é o aumento na qualidade do acabamento. Além disso, a quantidade de desenhos produzidos foi menor: 11 telas de desenho pelo designer DE.

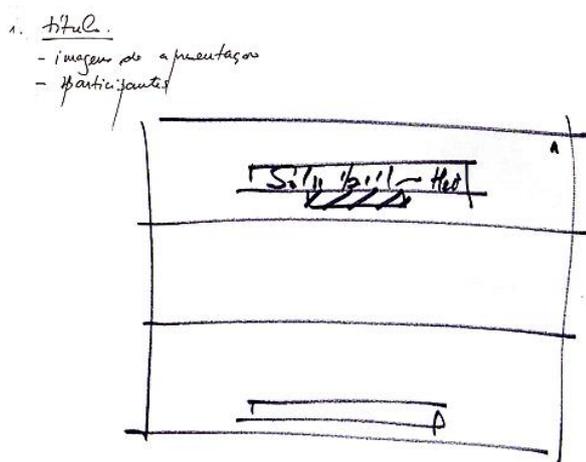


Figura 23. Tela inicial.

Da mesma forma que na sessão EM, os sujeitos DE e EQ(A) projetaram uma tela inicial (figura 23), com informações gerais sobre o artefato (título, imagens e créditos).

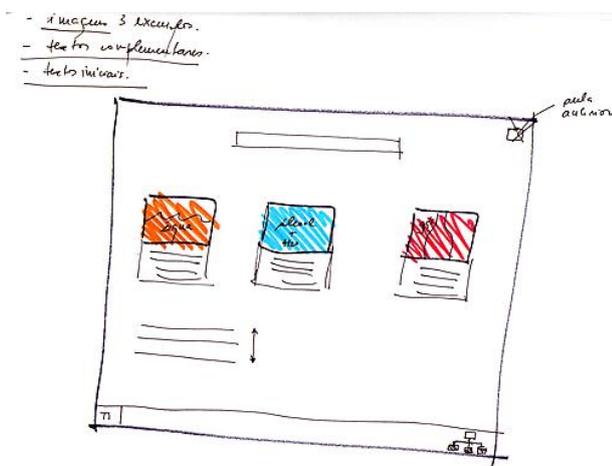


Figura 24. Tela introdução.

Novamente repetindo a estrutura do artefato produzido na sessão anterior, a dupla DE_EQ(A) cria uma tela que mostra imagens (macroscópicas) de substâncias nos três estados solubilizadas em água (figura 24). Ressalta-se que, na parte inferior da janela, pode-se ver a barra de menus com o mapa conceitual à direita, recurso criado durante a sessão EM.

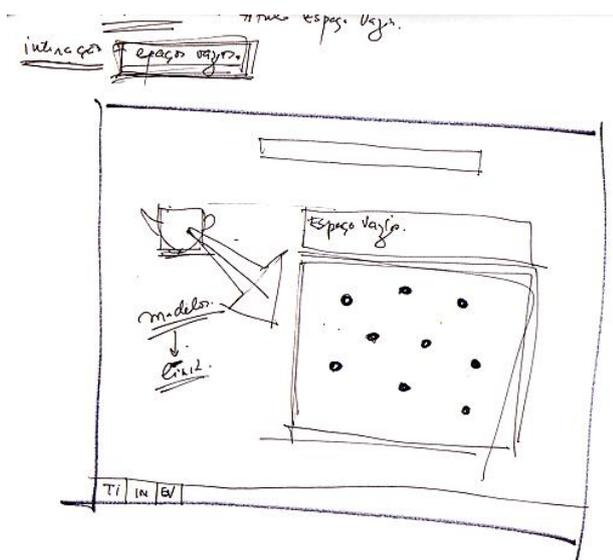


Figura 25. Tela sobre “espaço vazio”.

Esta tela (figura 25) tem uma função muito similar à “tela da chaleira” criada na sessão anterior (figura 20). Nesta tela, o estudante poderá ver como as moléculas do soluto (em preto) ocupam os espaços vazios dentro da água. Este é o “gancho” para explicar solubilização: ocupação de espaços vazios.

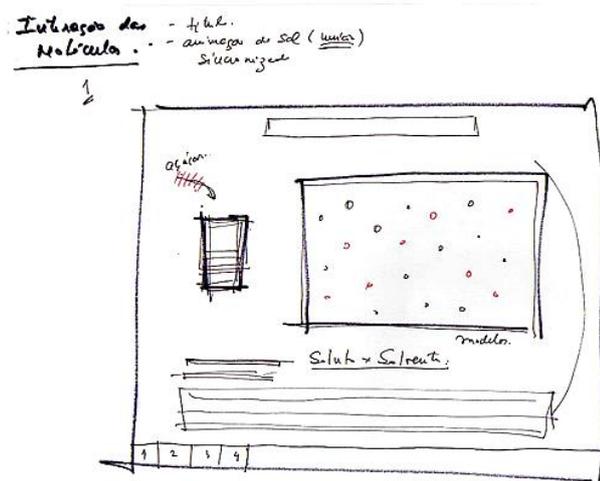


Figura 26. Tela sobre “interação entre as moléculas”.

Nesta tela (figura 26) é mostrado o processo de solubilização do açúcar. Simultaneamente a um vídeo mostrando o fenômeno macroscópico, o processo de ocupação do espaço vazio e as interações entre as moléculas da água e do açúcar são mostrados na tela maior. As moléculas são diferenciadas pela cor.

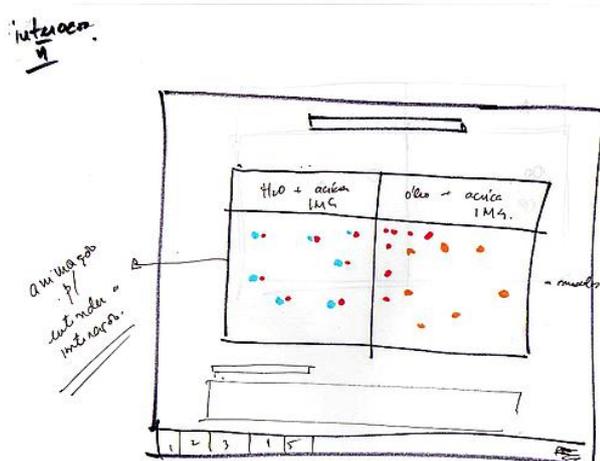


Figura 27. Tela de comparação.

Nesta tela (figura 27), dois diferentes solutos são solubilizados em água: óleo e açúcar. O objetivo é fazer o estudante perceber porque algumas substâncias são solúveis e outras não são.



Figura 28. Tela unidades de medida.

Esta tela (figura 28) introduz o tema como um suporte à discussão da capacidade máxima de solubilização.

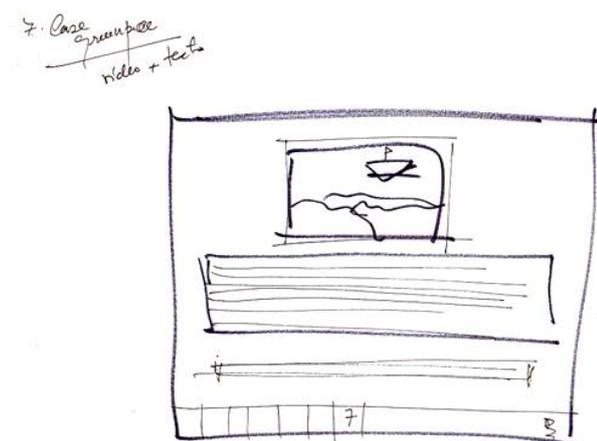


Figura 29. Vídeo sobre um desastre ambiental.

Esta tela (figura 29) traz um vídeo com uma notícia sobre um caso de derramamento de óleo no mar. O objetivo é fazer com que o aluno se questione sobre as implicações de um derramamento de óleo no oceano, discutindo o tema sob o viés da solubilidade.

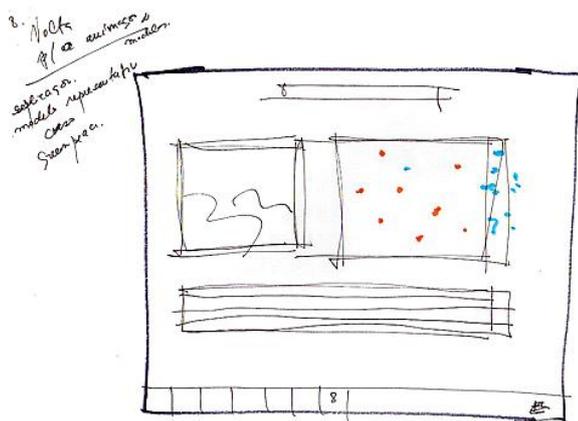


Figura 30. Tela modelos do vídeo.

Nesta tela (figura 30), o estudante verá uma simulação de como as moléculas de água e óleo se comportam, ao mesmo tempo em que vê o vídeo.

• Relação da temp x solubilidade.

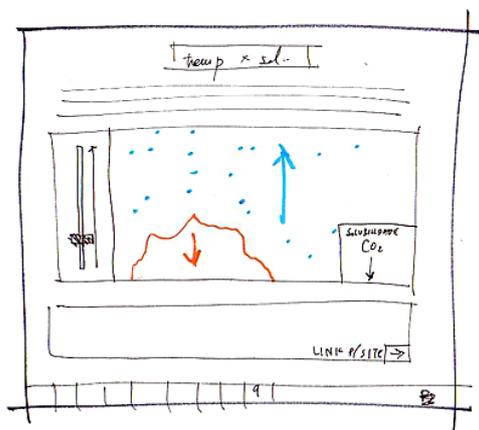


Figura 31. Efeito da temperatura.

Esta tela mostra um aplicativo que permite que o estudante mude a temperatura de um sistema e observe o efeito que esta variação tem na solubilização de um gás. Neste caso, deseja-se discutir o problema da morte de corais por causa do aumento da temperatura, em função do escapamento de CO_2 para a atmosfera (quando a temperatura aumenta, a quantidade de gás dissolvida na água tende a diminuir).

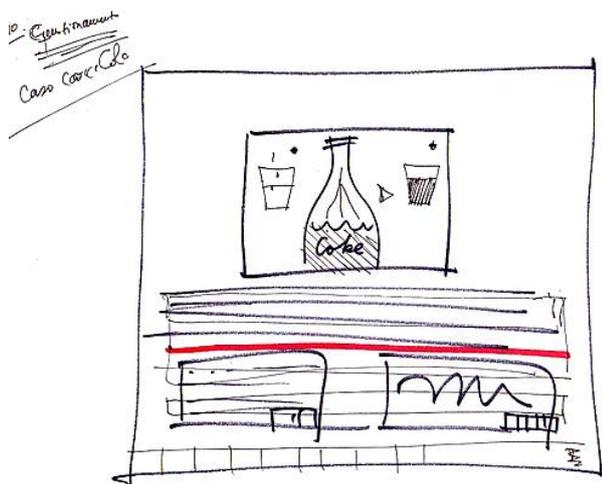


Figura 32. Tela exercício: “choca-cola”.

A inspiração para esta tela veio de uma expressão usada pelo designer DE, que designa uma coca-cola “choca” (quente e sem gás). A pergunta versa sobre este tema. Na tela, se vê um vídeo mostrando uma coca-cola gelada e borbulhante, e uma quente e sem gás. Da mesma forma que na sessão anterior, o estudante pode desenhar para dar sua resposta.

4.1.3. Sessão EM_DI_EQ(B)

A produção do sujeito DI, em termos de desenhos, foi menor que a do sujeito DE. Ao longo deste capítulo se busca entender o motivo desta diferença, e adianta-se que se considera que isto pode ter ocorrido: (1) porque o sujeito DI buscou “brifar” o sujeito EQ(B), tentando adquirir o máximo de conhecimento para projetar, o que o fez perder muito tempo e/ou (2) o sujeito DI não entendeu que o tipo de resultado que se esperava era uma especificação detalhada de como seria o artefato. Apesar de este pedido estar escrito no briefing e de ter sido reforçado no início de cada uma das sessões, não se pode excluir esta possibilidade. Foram produzidas 7 folhas (uma com desenhos, as demais com anotações) pelo sujeito DI.

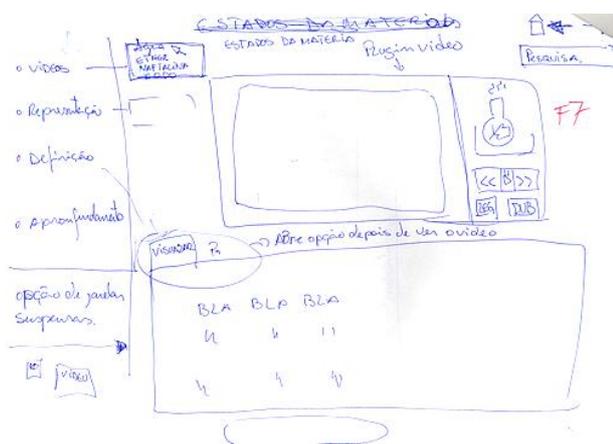


Figura 33. Tela do artefato sobre estados da matéria

Esta foi a única tela (figura 33) produzida a título de detalhamento pelo sujeito DI. Nela se vê, no topo à esquerda, quatro links cujo conteúdo é refletido na aba situada na base da janela (circulada). Na área à direita, se vê um vídeo que mostra, simultaneamente, um experimento filmado em laboratório e uma animação do que acontece com as moléculas a nível submicroscópico. Este vídeo tem a opção de mostrar “legendas”; uma descrição do que está acontecendo, com a intenção de, nas palavras do sujeito EQ(B), “guiar o olhar do estudante”.

4.1.4. Sessão SA_ DI_EQ(B)

Da mesma forma que na sessão anterior, o sujeito DI produziu poucos desenhos e os que foram feitos não tinham características de documentos de especificação (que pudessem ser utilizados por terceiros para entender o projeto). O desenho mostrado na figura 34, por exemplo, tem um caráter de comunicação, como se o designer estivesse “conversando com a situação”, e testando suas idéias no papel. Foram produzidas 5 folhas (uma com desenhos, uma mista e as demais somente com anotações) pelo sujeito DI.

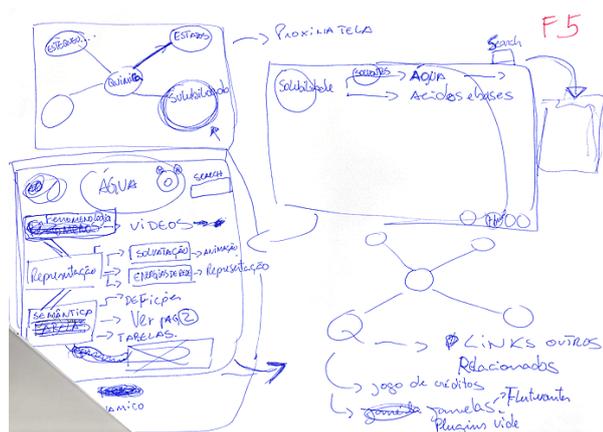


Figura 34. Tela do artefato sobre solubilidade em água.

Diferentemente da produção do sujeito DE, é difícil interpretar esta tela (figura 34). Os elementos que a constituem não estão claros – pois parece mais um esboço do artefato. Acompanhando as verbalizações, pode-se concluir sobre os elementos deste desenho que:

- Na caixa no topo à esquerda está uma tela inicial, que mostra todos os conceitos de química ligados como num mapa conceitual;
- A caixa à direita mostra encadeamentos de conteúdo sobre solubilidade;
- A caixa embaixo, à esquerda mostra uma árvore de conceitos, que serão mostrados em janelas flutuantes.

Tendo sido apresentados os quatro projetos, passa-se à análise de padrões encontrados nas verbalizações e nos desenhos. Ao longo dos sub-capítulos serão feitas referências às telas mostradas anteriormente; esta exposição foi pensada para facilitar a leitura dos resultados.

4.2. ANÁLISES QUANTITATIVAS

Estas análises têm como objetivo encontrar padrões no processo de projeto. Elas serão apresentadas segundo os objetivos específicos.

4.2.1. Designers e educadores conseguem construir colaborativamente o espaço do problema?

Para responder esta pergunta, foram monitoradas as seguintes variáveis, cujas definições estão no capítulo “Metodologia”, sob o item 3.3.2.1:

- `designerContexts` - Quantidade de contextos “exclusivos” do designer (todos os segmentos feitos pelo designer).
- `educatorContexts` - Quantidade de contextos “exclusivos” do educador (todos os segmentos foram feitos pelo educador).
- `designerMisunderstanding` – Quantidade de segmentos que expressam dúvidas ou não-compreensão por parte do designer.
- `educatorMisunderstanding` – Quantidade de segmentos que expressam dúvidas ou não-compreensão por parte do educador.
- `sharedContexts` - Quantidade de contextos compartilhados.
- `changedSegments` – Quantidade de segmentos cujo segmento anterior é de outro sujeito. Se a autoria dos segmentos for alternada, este valor será igual a 100.

O gráfico 1 mostra os valores para as sessões “estados da matéria (EM)” e “solubilidade em água (SA)” realizadas pelas duplas, para as variáveis 1 a 6.

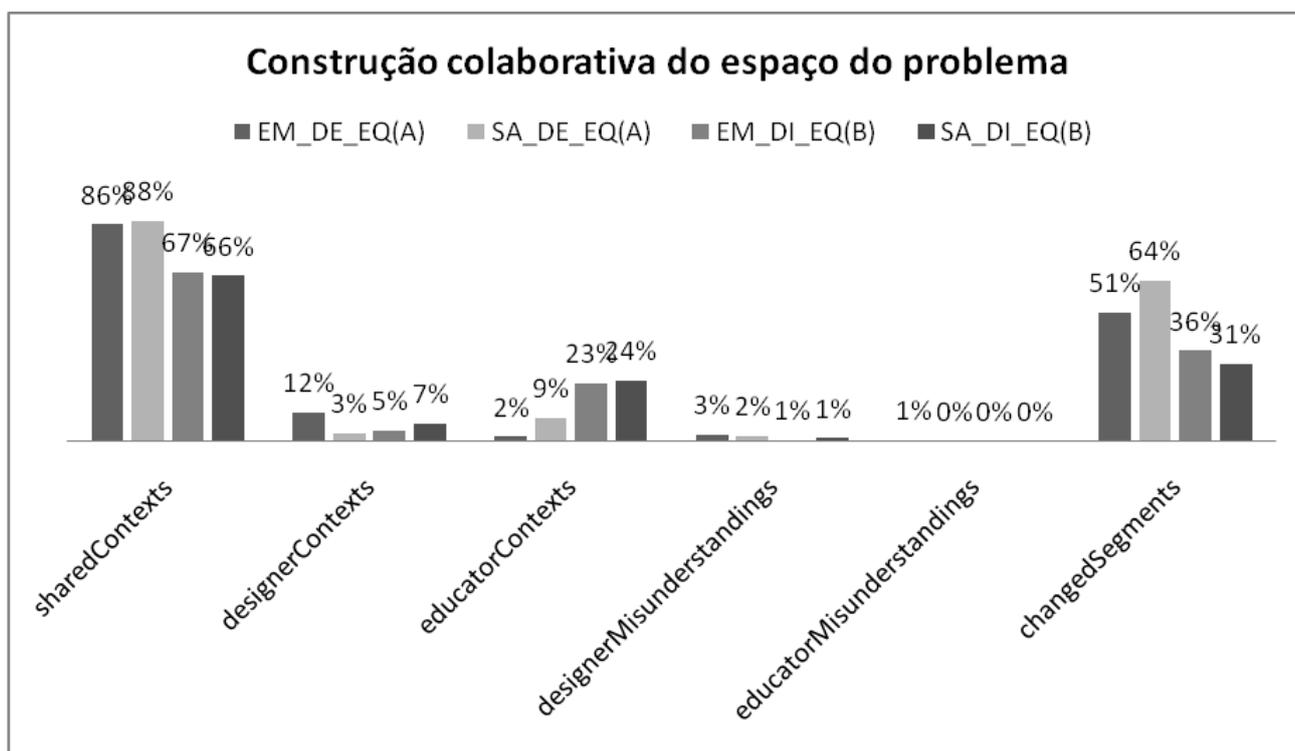


Gráfico 1. Diferenças entre as sessões das duplas.

Deste gráfico pode-se observar que o desempenho, em termos das variáveis monitoradas, é semelhante dentro das duplas. No caso da dupla DE_EQ(A), ambas as sessões têm quantidades de contextos compartilhados (*sharedContexts*) semelhantes: 86% para a sessão sobre estados da matéria – EM – e 88% para a sessão sobre solubilidade em água – SA. Estas evidências demonstram que, para esta dupla, na maioria dos contextos, os dois sujeitos participaram. Para a dupla DI_EQ(B) estes valores são menores (e parecidos entre si): 67% para a sessão EM e 66% para a sessão SA. Isto significa que, para esta dupla, os segmentos estavam concentrados por uma pessoa – o educador – que deteve 23% dos contextos na sessão EM e 24% na sessão SA (*educatorContexts*). Percebe-se que para a dupla DE_EQ(A) tem menos contextos com apenas um autor.

Outro indicador da interação entre os sujeitos é a variável *changedSegments*. Ela mostra a porcentagem dos segmentos cujos autores se alternam, com resultados de 51% na sessão EM e 64% na sessão SA para a dupla DE_EQ(A) e 36% para a sessão EM e 31% na sessão SA, para a dupla DI_EQ(B). A menor quantidade de vezes em que os

segmentos mudaram de autoria é mais um indicador que mostra como o sujeito EQ(B) concentra as verbalizações da dupla. Para a dupla DE_EQ(A), estes valores para *changedSegments* sinalizam que mesmo com o aumento da complexidade do tópico, ambos os sujeitos continuaram trocando idéias. Já para a dupla DI_EQ(B) este valor manteve-se mais baixo.

Valores baixos para *changedSegments*, *designerContexts* e *educatorContexts* indicam pouca troca de autoria dos segmentos. As variáveis *educatorContexts* e *designerContexts* monitoram a quantidade de contextos em que apenas um dos sujeitos participou. Se o valor for alto, pode ser um indício que (1) não há colaboração entre os sujeitos, e que por isso, eles não compartilham o espaço do problema ou (2) cada sujeito se atém exclusivamente ao seu “papel”.

No caso das sessões da dupla DE_EQ(A) estes valores foram baixos, porém o valor da sessão SA foi maior. Pode ser que este resultado seja efeito da complexidade do tema, o que força a colocação da suposição sobre a qualidade da participação do designer em projetos de artefatos educacionais cujo tema é complexo. Porém, quando se olha os nomes dos contextos que pertencem apenas a um dos sujeitos, esta suposição perde força (quadro 15). Os contextos que pertencem apenas ao educador, em ambas as sessões, são sobre química. Durante eles, o educador está provavelmente explicando ao designer o que eles são e por que são importantes no artefato. Ressalta-se que, diferentemente dos contextos que pertencem apenas ao designer, eles são curtos (1, 3, 1 e 6 segmentos).

	EM (nome do contexto e quantidade de segmentos)	SM (nome do contexto e quantidade de segmentos)
Apenas do educador	1. PE e PF, 1	1. Unidades de medida, 3 2. Revisão, 1 3. Espaço vazio, 6
Apenas do designer	1. Como montar a árvore, 9 2. Outros exemplos além da água, 2 3. Revisão, conceito de "TI", 6 4. Estratégia, conceituar e exemplificar, 2 5. Tela com exercício de fixação, 7 6. Revisão, 2	1. Exemplos de notícias na tela 7, 7

Quadro 15. Diferenças entre os contextos pertencentes ao designer e ao educador, por sessão, para a dupla DE_EQ(A).

Já para a dupla DI_EQ(B), a análise dos segmentos cujo autor é apenas um dos sujeitos, mostra que o educador fala tanto sobre química como sobre educação, e que o designer fala sobre design (as revisões estão associadas sempre à recuperação do que foi elaborado até o momento).

	EM (nome do contexto e quantidade de segmentos)	SA (nome do contexto e quantidade de segmentos)
Apenas do educador	<ol style="list-style-type: none"> 1. Google como referências para imagens e para parâmetros curriculares nacionais, 3 2. Estados da matéria, dinâmico e estático, 7 3. Protótipos de estados, 13 4. Iodo, 19 5. Modelos de representação submicroscópica, 10 6. Viabilizar ligações com outros conteúdos, como termodinâmica, 15 7. Termodinâmica, 4 8. Concepções ingênuas, serrar e “deserrar”, 8 9. Conservação de propriedades, 11 10. Ciências dos materiais, 4 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Conhecimento científico transformado em ensino, 12 2. Volume molecular, 14 3. Exemplos macroscópicos, 15 4. Capacidade máxima de solubilidade, 3 5. Hierarquização dos textos, 20 6. Mapa conceitual de química, 8 7. Conceitos centrais em química, 15 8. Montagem mais ampla, 4 9. Wiki, 4 10. Usar esquema Garritz, 10
Apenas do designer	<ol style="list-style-type: none"> 1. Revisão, 5 2. Revisão, 3 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Revisão, 1 2. Quadrinhos, 8 3. Como ver outros conceitos relacionados, 5

Quadro 16. Diferenças entre os contextos pertencentes ao designer e ao educador, por sessão, para a dupla DI_EQ(B).

Do quadro 16, se vê que os contextos cujo autor é o sujeito EQ(B) são mais longos, o que reforça a sensação de que ele falou por mais tempo e que suas contribuições foram mais significativas para o projeto.

Para finalizar este sub capítulo, é preciso observar a questão sobre a falta de entendimento de um para com o outro sujeito – modeladas pelas variáveis *designer* e *educator misunderstanding* (ver gráfico 1). O que se percebe de seus valores é que, apesar de os tópicos terem níveis de complexidade diferentes (o tema “estados da matéria” é considerado mais fácil que “solubilidade em água”), a quantidade de problemas

de interpretação manteve-se baixa nas quatro sessões. Ao contrário do que se esperava, para a dupla DE_EQ(A), por exemplo, este valor diminuiu na sessão SA – 2% dos segmentos do designer e 1% dos segmentos do educador – em comparação com a sessão EM – 3% dos segmentos do designer e 0% do educador. Para a dupla DI_EQ(B) a quantidade de não-entendimentos também foi baixa, o que, mais uma vez, contrariou as expectativas.

Acredita-se que estes percentuais tão baixos não impliquem que os sujeitos dominam a área de conhecimento de seu colega, i.e. o designer conhece química e o químico conhece design. Porém, se a dupla efetivamente conseguiu projetar o artefato, e se eles compartilharam a autoria (ver variável *changedSegments*; autoria dos segmentos se alterna), deve haver fator(es) característicos da interação deles que permitiram este resultado. Este é o tema do segundo item deste capítulo.

4.2.2. Que estratégias o designer usa para projetar quando não possui conhecimentos específicos na área de domínio do projeto?

Como mencionado anteriormente, não se acredita que o designer saiba sobre química ou que o educador saiba sobre design; logo, é preciso eles usem algum tipo de estratégia para se comunicar com o colega de projeto. No caso do designer, ele precisa extrair a informação e utilizá-la como subsídio ao projeto – pois se assume que é o designer que projeta o artefato. O designer não pode pretender, em tão pouco tempo, adquirir todo o conhecimento sobre química e educação que seu colega acumulou durante anos de práticas e estudos. Como então ele pode proceder? Ele deve escolher entre diversos “modos” de coleta, por exemplo: quando seguir perguntando; o que é importante entender e em qual profundidade; quais os relacionamentos entre os temas; quando não tentar entender o tema e confiar no colega; quando parar de solicitar informação, etc. Colocando a situação como um problema de lógica, chega-se em um

paradoxo: como decidir o que é importante quando não se sabe tudo? A fim de entender como os designers resolvem este problema, buscou-se observar se a forma como o problema foi decomposto é coerente com os resultados da literatura:

1. Decomposição do problema em módulos esparsamente conectados (*leaky modules*, segundo Goel, 1995) com pouco compromisso com as soluções adotadas (*limited commitment mode*, segundo Goel, 1995), adotando uma estratégia de decomposição “horizontal” (AKIN, 1996). Liikkanen e Perttula (2009) e Ho (2001) reportam emprego de decomposição implícita ao invés de decomposição explícita. Identifica-se uma instância de decomposição implícita quando o ato de dividir um problema ou quando a referência a subproblemas novos não é indicada (através de desenhos ou verbalizações).
2. Diferentes fases no processo (conforme definidas por GOEL, 1995).

Em relação ao primeiro item (decomposição e conexão entre módulos) buscou-se verificar os seguintes conjuntos de variáveis:

1. Variáveis calculadas para cada contexto.
 - o *forelinkIndex* – a razão entre a quantidade de vezes que um contexto foi citado e a quantidade de vezes em que ele poderia ter sido citado.
 - o *backlinkIndex* – a razão entre a quantidade de referências a outros contextos feitas dentro de um dado contexto, sobre a quantidade possível de referências.
 - o *timeIndex* – razão entre o tempo total e o tempo gasto em cada contexto.

Variáveis do conjunto de contextos (variáveis da sessão).

- o *percentageSingleAttendedContext* – porcentagem de contextos mencionados apenas uma vez.

- o `percentageNonReferenceContext` – porcentagem de contextos sem referência a outros contextos.
- o `conexionDensity` – percentual do total de conexões possíveis efetivamente realizadas.

A distribuição destas três variáveis (por sessão) é mostrada nos gráficos 2 a 5. Nestes gráficos, o eixo horizontal mostra o identificador do contexto (um número inteiro positivo), e o eixo vertical mostra o valor de cada uma das variáveis (os valores podem variar de 0 a 1, pois são uma razão entre a quantidade máxima possível e a quantidade real) por contexto. Estes valores podem ser acessados clicando no link “Objetivo específico 2”, do arquivo html que está dentro da pasta “data.software” e escolhendo o protocolo desejado.

. Estes gráficos permitem verificar a existência de tendências nos comportamentos dos resultados: pontos dispersos pelo plano indicam falta de relação entre as variáveis.

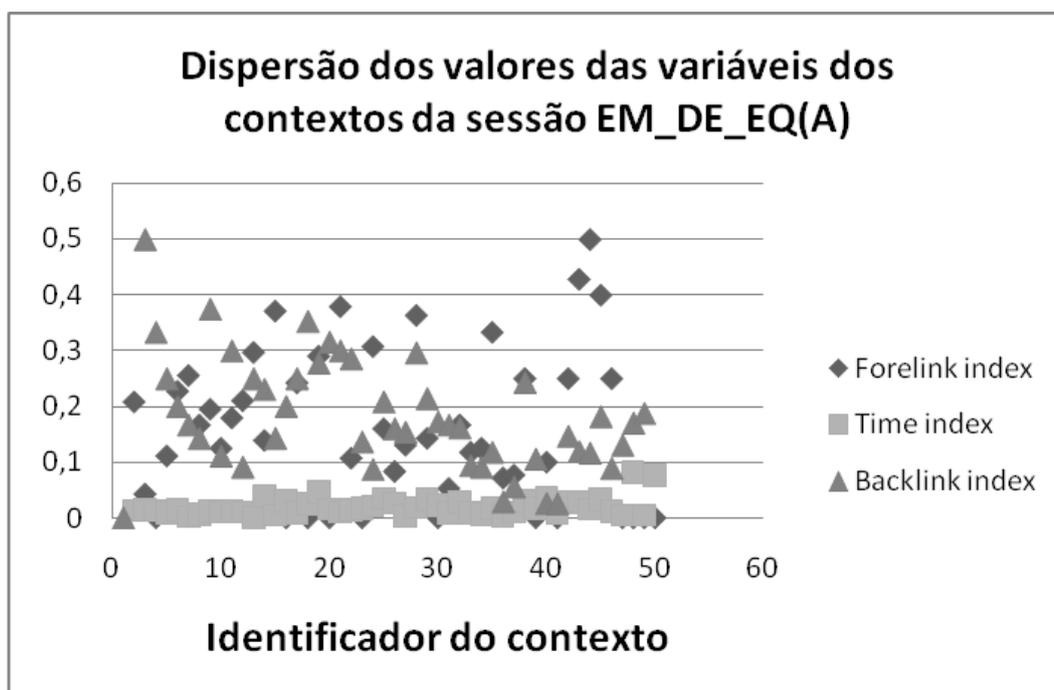


Gráfico 2. Valores para as variáveis *forelinkIndex*, *backlinkIndex* e *timeIndex* (valores no eixo vertical; id do contexto no eixo horizontal), para a sessão EM_DE_EQ(Q).

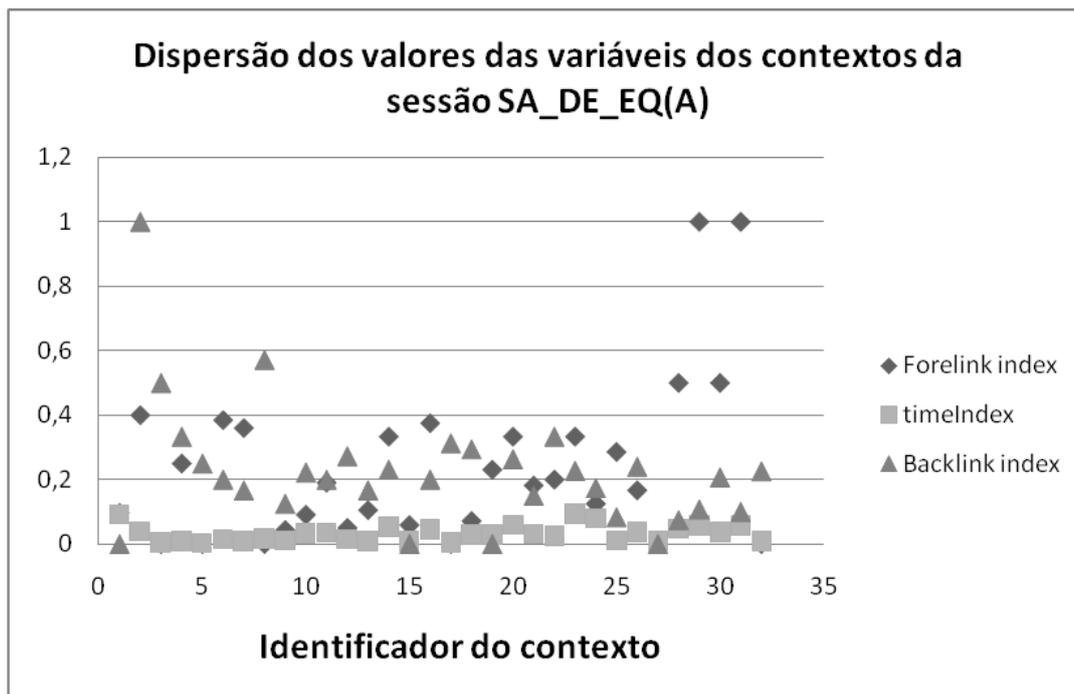


Gráfico 3. Valores para as variáveis *forelinkIndex*, *backlinkIndex* e *timeIndex* (valores no eixo vertical; id do contexto no eixo horizontal), para a sessão SA_DE_EA(Q).

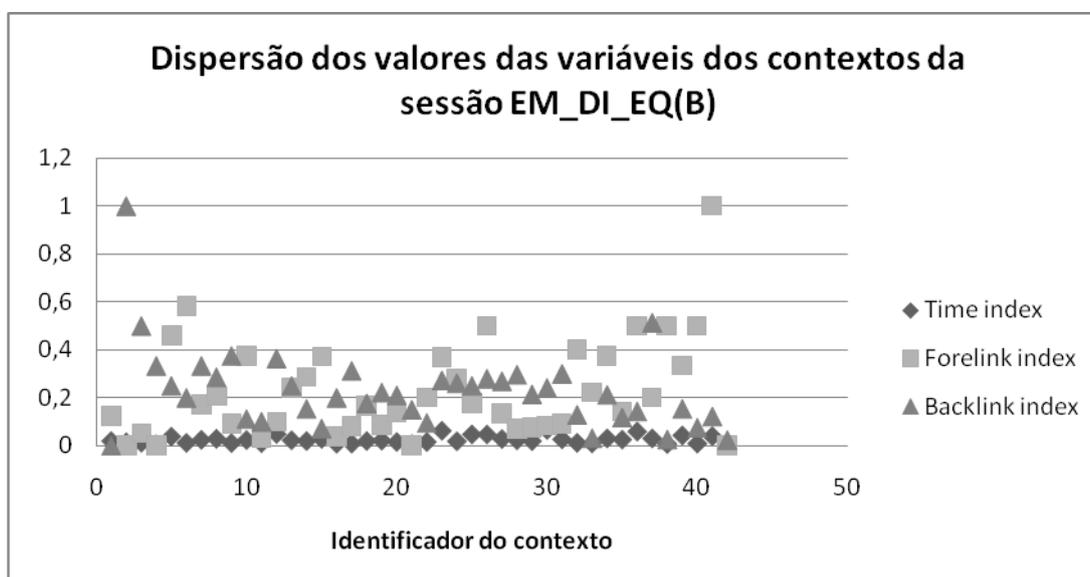


Gráfico 4. Valores para as variáveis *forelinkIndex*, *backlinkIndex* e *timeIndex* (valores no eixo vertical; id do contexto no eixo horizontal), para a sessão EM_DI_EA(B).

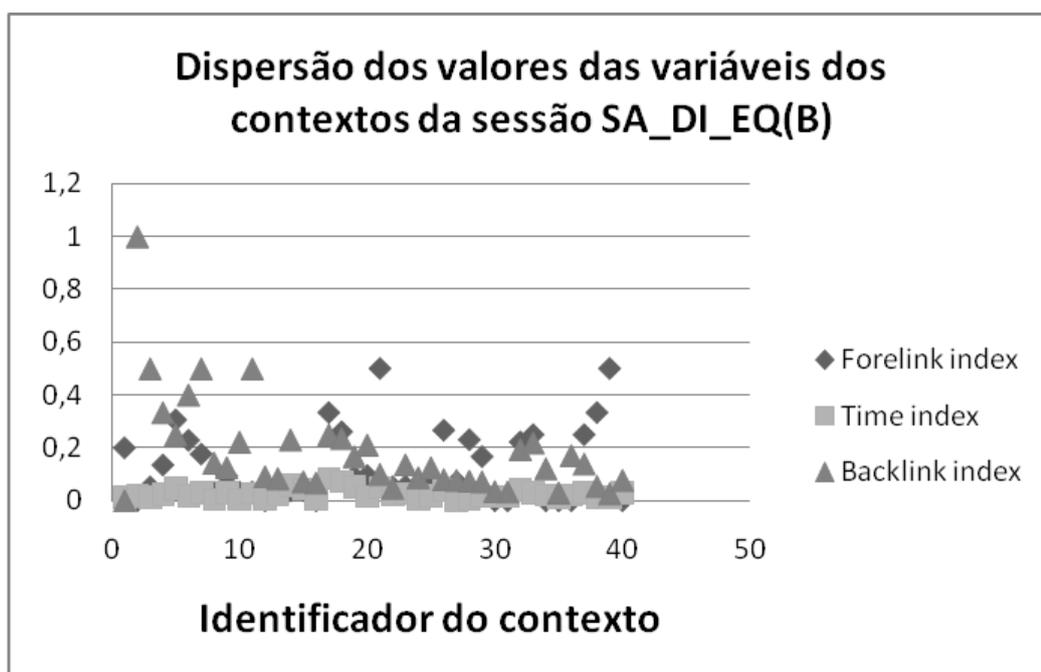


Gráfico 5. Valores para as variáveis *forelinkIndex*, *backlinkIndex* e *timeIndex* (valores no eixo vertical; id do contexto no eixo horizontal), para a sessão SA_DI_EA(B).

Estes gráficos mostram os valores dos índices para forelinks, backlinks e duração de cada contexto. A intenção de monitorar estas variáveis é ver se os projetistas, em um dado segmento, referenciavam-se a contextos anteriores (backlinks) e se este contexto seria aproveitado no restante do projeto (*forelink*). Numa situação hipotética, onde todos os contextos seriam relacionados, todos teriam os índices de *backlink* e *forelink* iguais a 1. Certamente isto não ocorreu com nenhum dos protocolos (tampouco se acredita que tal seja possível), mas estas variáveis podem dar informações sobre o projeto quando comparadas entre si, pois são indicadores sobre as conexões feitas. Ressalta-se que não há valores considerados “bons” ou “ruins” para estas variáveis (por exemplo: um índice de forelink igual a 0.6), porém quanto mais próximo de 1, maior o índice de conexões feitas (o que Goldschmidt (1995) admite como uma característica positiva). Desta forma, há dois testes que interessam a esta pesquisa:

1. Verificar se estas três variáveis estão correlacionadas. Este teste indica a pertinência de usar estas variáveis em conjunto para descrever o projeto. A

princípio, acredita-se que valores altos para “conexões para frente” (forelinks) e para “conexões para trás” (backlinks) devam estar relacionados. Da mesma forma, acredita-se que “quanto mais tempo se passa dentro de um contexto” (timeIndex) maior a quantidade de forelinks e backlinks.

2. Verificar se há diferenças entre os valores das variáveis entre as duplas (diferença de desempenho causada pelas duplas) e entre os temas (diferença de desempenho causada pelo tema).

Sobre o primeiro item (correlação entre as variáveis), pode-se observar nos gráficos 2 a 5, que estas três variáveis aparentemente não têm relação entre si: os índices de *forelink* e *backlink* e duração não estão relacionados. Utilizando uma função para regressão linear para cada um dos pares de variáveis: *forelink* versus *backlink*; *forelink* versus *time* e *time* versus *backlink* obtém-se o resultado das tabelas 1 a 4, que mostram não haver correlação entre estas três variáveis (em cada uma das sessões). Aceitar-se-ia uma relação forte, positiva ou negativa, entre as variáveis se o valor de r^2 fosse igual ou maior que $|0.9|$, e uma relação média se fosse igual ou maior que $|0.7|$.

EM_DE_EQ(A)

	<i>forelinkIndex</i>	<i>backlinkIndex</i>	<i>timeIndex</i>
<i>forelinkIndex</i>	1	0,0	0,01
<i>backlinkIndex</i>	0,0	1	0,0
<i>timeIndex</i>	0,01	0,0	1

Tabela 1. Valores do r^2 para a correlação entre as três variáveis na sessão EM_DE_EQ(A). O valor é muito fraco para admitir relação entre qualquer um dos pares.

SA_DE_EQ(A)

	<i>forelinkIndex</i>	<i>backlinkIndex</i>	<i>timeIndex</i>
<i>forelinkIndex</i>	1	0,01	0,2
<i>backlinkIndex</i>	0,01	1	0,02
<i>timeIndex</i>	0,2	0,02	1

Tabela 2. Valores do r^2 para a correlação entre as três variáveis na sessão SA_DE_EQ(A). O valor é muito fraco para admitir relação entre qualquer um dos pares.

EM_DI_EQ(B)

	<i>forelinkIndex</i>	<i>backlinkIndex</i>	<i>timeIndex</i>
<i>forelinkIndex</i>	1	0,14	0,11
<i>backlinkIndex</i>	0,14	1	0,14
<i>timeIndex</i>	0,11	0,14	1

Tabela 3. Valores do r2 para a correlação entre as três variáveis na sessão EM_DI_EQ(B). O valor é muito fraco para admitir relação entre qualquer um dos pares.

SA_DI_EQ(B)

	<i>forelinkIndex</i>	<i>backlinkIndex</i>	<i>timeIndex</i>
<i>forelinkIndex</i>	1	0,01	0,14
<i>backlinkIndex</i>	0,01	1	0,01
<i>timeIndex</i>	0,14	0,01	1

Tabela 4. Valores do r2 para a correlação entre as três variáveis na sessão SA_DI_EQ(B). O valor é muito fraco para admitir relação entre qualquer um dos pares.

Pode-se ver nas tabelas 1 a 4 a ausência de relação entre estas três variáveis, em todas as sessões. Isso indica que mesmo que um contexto seja citado muitas vezes, não quer dizer que ele cite muitos contextos e vice versa. Isto indica que não há correlação entre as variáveis. Este resultado não era esperado, pois as variáveis *forelinkIndex* e *backlinkIndex* refletem os conceitos de “importância do contexto/nó no projeto” e “memória do projeto”. A quantidade de vezes que um contexto é referido por outros indica sua importância para o projeto. A quantidade de contextos citados indica o uso da “memória”; uso de contextos declarados para resolver o subproblema em questão. Se esperava que, quanto mais a “memória” fosse usada, mais importante os contextos em si seriam. De acordo com o resultado dos testes de correlação, isto não se verifica.

Em relação às diferenças de desempenho no que tange à estas variáveis, realizou-se a comparação dos valores utilizando a ferramenta ANOVA (análise de variância de fator único). As hipóteses nulas são:

1. Não há diferenças entre os valores de *forelinkIndex* para as sessões EM e SA, com nível de significância de 0.05, para a mesma dupla.
2. Não há diferenças entre os valores de *backlinkIndex* para as sessões EM e SA, com nível de significância de 0.05, para a mesma dupla.

3. Não há diferenças entre os valores de *timeIndex* para as sessões EM e SA, com nível de significância de 0.05, para a mesma dupla.

Estes testes podem trazer informações sobre diferenças nas estratégias de projeto para cada uma das sessões; será possível ver se a eficiência do processo mudou entre os projetos, para a mesma dupla. A tabela 5 mostra os resultados.

Diferenças intra duplas				
		F calculado		F _{0,05, 1, 82}
DE_EQ(A)	<i>forelinkIndex</i>	3,36	<	3,96
	<i>backlinkIndex</i>	1,63	<	3,96
	<i>timeIndex</i>	4,46	>	3,96
DI_EQ(B)	<i>forelinkIndex</i>	6,96	>	3,96
	<i>backlinkIndex</i>	1,45	<	3,96
	<i>timeIndex</i>	0,1	<	3,96

Tabela 5. Resultados dos valores de F calculados para as comparações dentro das duplas, considerando as duas sessões.

Rejeita-se a hipótese nula (não diferença) caso o valor do F calculado seja maior que o F tabelado. Para o caso da dupla DE_EQ(A), houve variação na variável *timeIndex*, o que indica que o tempo dedicado para cada movimento na sessão SA foi maior do que na sessão EM, com 95% de certeza. Já para a dupla DI_EQ(B), houve diferença na variável *forelinkIndex*, que mede a quantidade de vezes que um movimento é citado. Ela reflete a quantidade de movimentos importantes/centrais da sessão. A sessão que teve a maior média para esta variável foi a sessão EM.

Também se podem testar as hipóteses da diferença entre as variáveis entre os grupos, a fim de verificar se houve diferença de desempenho entre as duplas, conforme segue:

1. Não há diferenças entre os valores de *forelinkIndex* entre as sessões EM e SA para as duplas DE_EQ(A) e DI_EQ(B), com nível de significância de 0.05.
2. Não há diferenças entre os valores de *backlinkIndex* entre as sessões EM e SA para as duplas DE_EQ(A) e DI_EQ(B), com nível de significância de 0.05.
3. Não há diferenças entre os valores de *timeIndex* entre as sessões EM e SA para as duplas DE_EQ(A) e DI_EQ(B), com nível de significância de 0.05.

Estes testes trazem informações sobre diferenças no desempenho entre as duplas para um mesmo projeto. A tabela 6 mostra os resultados.

		F calculado		F _{0,05, 1, 91}
EM	<i>forelinkIndex</i>	0,52	<	3,95
	<i>backlinkIndex</i>	2,44	<	3,95
	<i>timeIndex</i>	1,24	<	3,95
SA	<i>forelinkIndex</i>	3,96	>	3,95
	<i>backlinkIndex</i>	2,44	<	3,95
	<i>timeIndex</i>	1,23	<	3,95

Tabela 6. Resultados dos valores de F calculados para as comparações das duplas, em cada uma das sessões.

Rejeita-se a hipótese nula (não diferença) caso o valor do F calculado seja maior que o F tabelado. Sendo assim, pela tabela 6, se aceita a hipótese nula para os itens 4, 5 e 6 da sessão EM e 5 e 6 da sessão SA; ou seja: não houve diferença de desempenho. Porém, para a variável *forelinkIndex*, da sessão SA, houve diferença significativa. A média de da dupla DE_EQ(A) foi maior, de forma que, nesta sessão, houve diferença entre as duplas.

Esta foi a análise das variáveis calculadas para cada contexto. Há ainda as variáveis “de sessão”, que trazem dados sobre o conjunto de contextos: *singleAttendedContext*, *nonReferenceContext* e *conexionDensity*

Elas focam, diferentemente das variáveis *forelinkIndex* e *backlinkIndex*, os contextos que não têm relação com outros e os que foram citados apenas uma vez. Esta informação vem somar à compreensão da conexão entre os contextos. O gráfico 6 mostra os valores destas três variáveis para as duplas.

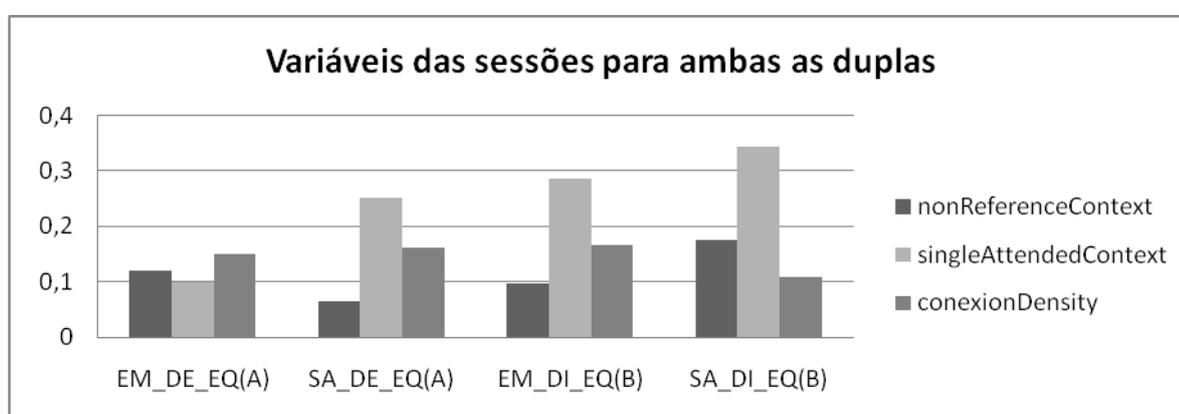


Gráfico 6. Variáveis de sessão.

No gráfico 6, nota-se que, para a dupla DE_EQ(A), na sessão EM (cujo tema era considerado o mais fácil), a quantidade de contextos citados apenas uma vez (*singleAttendedContext*) foi menor que na sessão SA: 10% contra 25%. Já os contextos que não fazem referência a outros contextos foram em maior número na sessão EM: 12% contra 6%. Somando estes dois casos – que juntos indicam a falta de conectividade entre os contextos, se obtém os valores 22% (EM) e 31% (SA). Talvez este seja um efeito do tema: a sessão cujo tema era considerado mais fácil (EM) teve mais ligações entre contextos. No entanto, a variável *conexionDensity* contraria esta conclusão (ela mede a razão entre as conexões realizadas e as possíveis). Os valores ficaram muito próximos para as sessões da dupla DE_EQ(A): 15% (EM) e 16% (SA). Esta variável mede as relações entre os contextos porque considera as ligações possíveis, porém, caso alguns contextos citem diversos outros, o valor tende a aumentar. Desta forma, conclui-se que,

para a dupla DE_EQ(A), a sessão EM teve maior coesão (maior quantidade de contextos citados mais de uma vez), porém a sessão SA teve contextos mais densos (que faziam mais conexões com todos os outros contextos).

Já para a dupla DI_EQ(B) o quadro é diferente. A quantidade de contextos sem referência (*nonReferenceContexts*) aumenta na sessão considerada mais difícil - ao passo que ela diminui na dupla DE_EQ(A). O mesmo acontece com a quantidade de contextos citados apenas uma vez (*singleAttendedContexts*) – o que também aconteceu com a outra dupla. Como se esperava, a densidade de conexões (razão entre as conexões feitas e a quantidade de conexões possíveis) também diminui entre as sessões. Somando as duas variáveis por sessão, para ambas as duplas, se obtém os resultados da tabela 7.

	<i>nonReferenceContexts + singleAttendedContexts</i>	
	EM	SA
DE_EQ(A)	22%	31%
DI_EQ(B)	38%	51%

Tabela 7. Soma das variáveis que indicam pouca conexão, para cada sessão, para ambas as duplas.

A tabela 7 indica o que pode ser um efeito do tema, já que, para as duas duplas, houve um aumento consistente de contextos com uma ou nenhuma ligação. Espera-se que, quanto mais difícil o tema – quanto menor o conhecimento sobre o tema – menor será a quantidade de conexões. Todavia, esta é uma conclusão que esta tese não está preparada para fazer, pois, para tanto, deveria ser considerado o efeito dos membros da dupla. Isso poderia ser feito trocando os pares: o sujeito DE com o EQ(B) e o sujeito DI com o EQ(A). Isto não foi feito porque neste desenho, o tema deveria ser trocado, para evitar justamente que os participantes pensassem antes sobre o problema.

Uma forma de ver estes resultados de um ponto de vista generalista é analisar as linkografias (figuras 39 a 42), pois elas dão uma visão das conexões de cada uma das sessões. Nelas é possível ver os *forelinks* e *backlinks*, assim como os nomes dos contextos e sua duração (em segundos). Elas são versões modificadas do gráfico original, proposto por Goldschmidt (1995), nos seguintes aspectos: (1) os pontos representando os contextos são espaçados de acordo com o momento em que aconteceram, e não igualmente espaçados e (2) a barra acima da linha de pontos mostra os autores de cada movimento.

Figura 35. Linkografia da sessão EM_DE_EQ(A).

Figura 36. Linkografia da sessão SA_DE_EQ(A).

Figura 37. Linkografia da sessão EM_DI_EQ(B).

Figura 38. Linkografia da sessão SA_DI_EQ(B).

Nas figuras das páginas anteriores, nota-se, para a dupla DE_EQ(A) (figuras 35 e 36), os contextos do início da sessão tiveram uma quantidade de conexões maior. Também se ressalta o fato de nos contextos finais (relacionados às etapas de refinamento e detalhamento) haver um resgate dos contextos de toda a sessão. E também se percebe uma diminuição na concentração destes links através das sessões. Este padrão também está presente nas linkografias da dupla DI_EQ(B) (figuras 37 e 38), apesar de com menos força: parece que nenhum grupo de contextos tem relevância diferenciada. Uma diferença que as linkografias desta dupla reforçam é a falta de resgate de contextos no final da sessão, devido à dupla não ter chegado à etapa de detalhamento, como se verá no próximo parágrafo.

Através da análise das etapas de projeto - o segundo item utilizado para caracterizar as estratégias empregadas pelos designers – percebe-se a predominância de estratégias verticais de resolução dos problemas. Também se notou a ocorrência de um fenômeno conhecido por “fixação”: cristalização das idéias (NEWSTETTER e McCracken, 2001). Nas duas sessões em que o sujeito DE participou, por exemplo, a estrutura e o funcionamento do artefato foram definidas logo no início, e mantidas ao longo de toda a sessão: uma estrutura de árvore, sendo que cada nodo é representado por uma tela, e cada tela aborda um elemento do conteúdo. As telas foram criadas na seqüência ditada pelo conteúdo e depois não foram modificadas. Dentro de cada tela, o debate girava em torno da forma como o conteúdo seria apresentado.

Da mesma forma o sujeito DI mostrou uma estratégia similar nas duas sessões - ainda que bastante diferente da empregada pelo sujeito DE. O designer DI “brifa” o educador – ele tenta extrair o máximo de informações antes de começar a projetar. Esta é uma estratégia comum entre designers, e é ensinada regularmente nos cursos de graduação em design: o designer faz perguntas ao seu cliente/usuário para tentar

aumentar sua compreensão sobre o projeto. Porém, em casos como o projeto de artefatos educacionais (digitais ou não), não é viável o designer tentar extrair conhecimento do educador para depois projetar. Ele precisa seguir outra estratégia, pois a transmissão de conhecimento inevitavelmente será pouco eficiente.

Desta forma, nestas sessões de projeto, nenhum dos designers poderia usar os “recursos cognitivos” apontados por Cross (2007) como mecanismos importantes para fazer a “ponte” entre o espaço do problema e da solução: combinação, mutação, analogia, emergência e primeiros princípios. O uso dos mecanismos de raciocínio por combinação, mutação, analogia e emergência não seria possível dada a pouca experiência e exposição dos designers a este tipo de artefato. Da mesma forma, não seria possível empregar conhecimentos baseados em “primeiros princípios”, pois para isso é necessário experiência de projeto. Assim, parece que o sujeito DE tentou mesclar em sua abordagem ao projeto princípios sobre educação em química (fornecidos pelo educador) com seu conhecimento sobre web design – uma analogia. Já o sujeito DI buscou se “abastecer” de princípios, deixando o projeto em si em segundo plano.

As estratégias de ambos os designers aparecem de forma bastante clara na análise das etapas de projeto. Para o sujeito DE aparece como uma ausência de separação entre as fases de projeto ao longo do tempo – espera-se que as etapas se sucedam em seqüência (GOEL, 1995) - como mostram os gráficos 7 e 8. Para o sujeito DI aparece como uma longa duração da etapa de estruturação e ausência de detalhamento (gráficos 10 e 11, mais adiante).

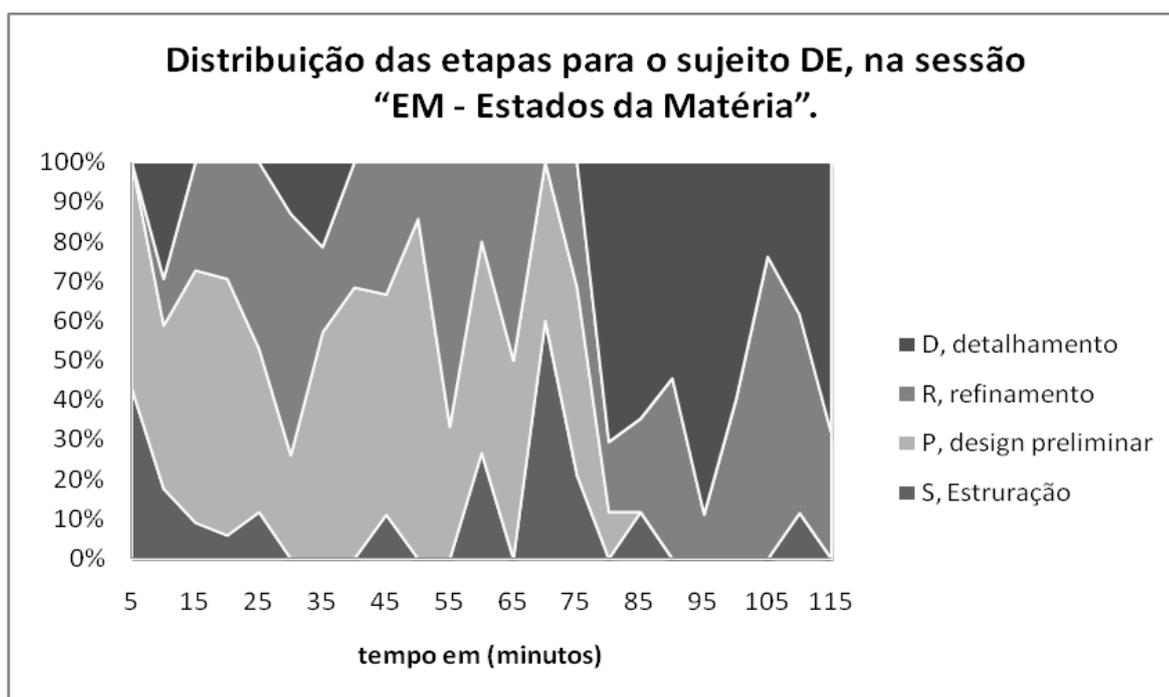


Gráfico 7. Distribuição das etapas para o sujeito DE, na sessão “EM - Estados da Matéria”.

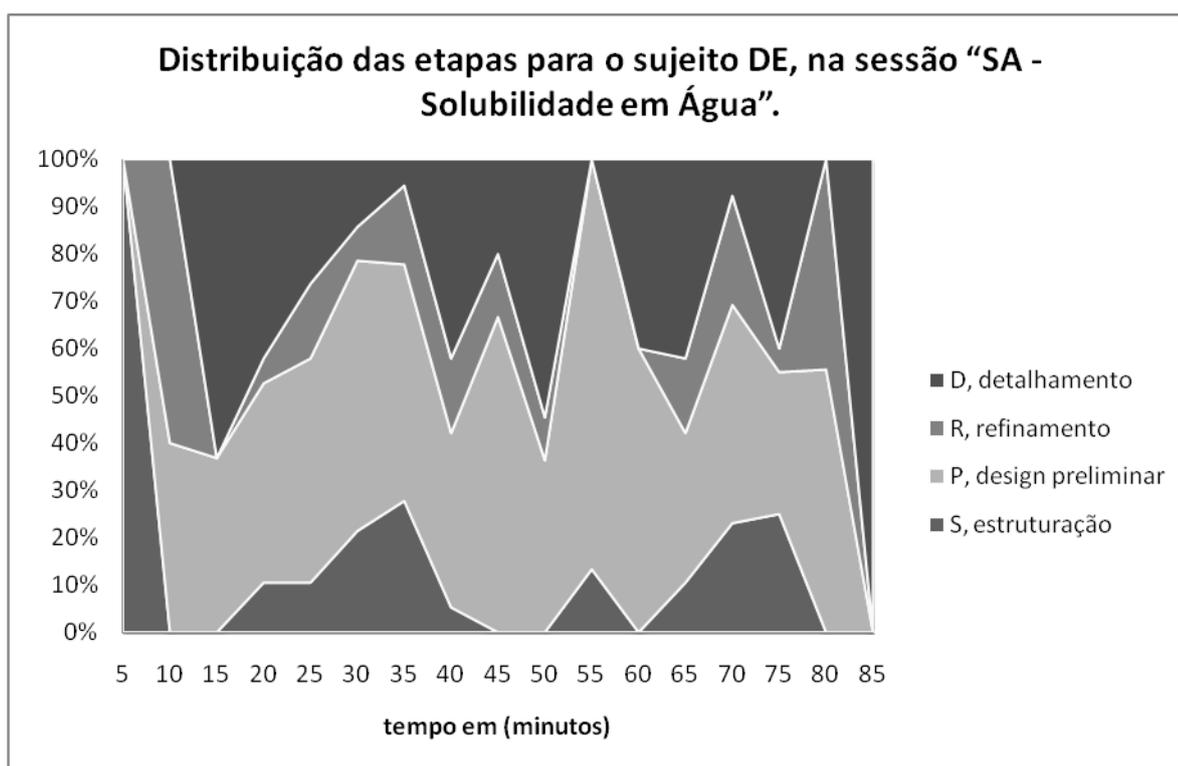
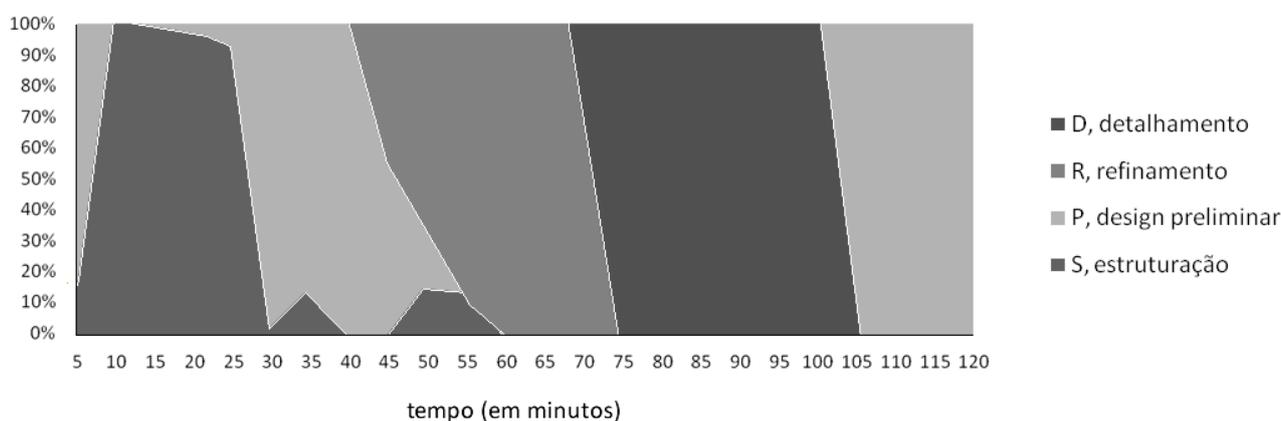


Gráfico 8. Distribuição das etapas para o sujeito DE, na sessão “SA- Solubilidade em Água”.

No caso do sujeito DE, apenas na primeira sessão (EM) houve uma separação clara entre design preliminar e detalhamento; na segunda sessão elas se mesclaram. Este é um indício consistente de fixação e de uso de uma estratégia vertical – pois as etapas não acontecem em seqüência. Este gráfico mostra que assim que identifica um

problema, o designer o resolve até o fim (ao invés de resolver o problema em partes e integrar as soluções ao final). Além disso, nas duas sessões do sujeito DE, a etapa de estruturação foi bastante longa, o que denota que novas informações eram acrescentadas durante todo o processo. Comparando estes gráficos com os de Goel (1995), esta característica fica ainda mais clara (gráfico 9). As causas para estes resultados, apesar de não poderem ser apontadas com precisão neste trabalho, apontam para influência do tipo de projeto e para o perfil do designer. Não se acredita, como afirmado anteriormente, que estas estratégias sejam devido ao aumento de complexidade entre as sessões.

Distribuição das etapas para o sujeito S-I



Distribuição das etapas para o sujeito S-A

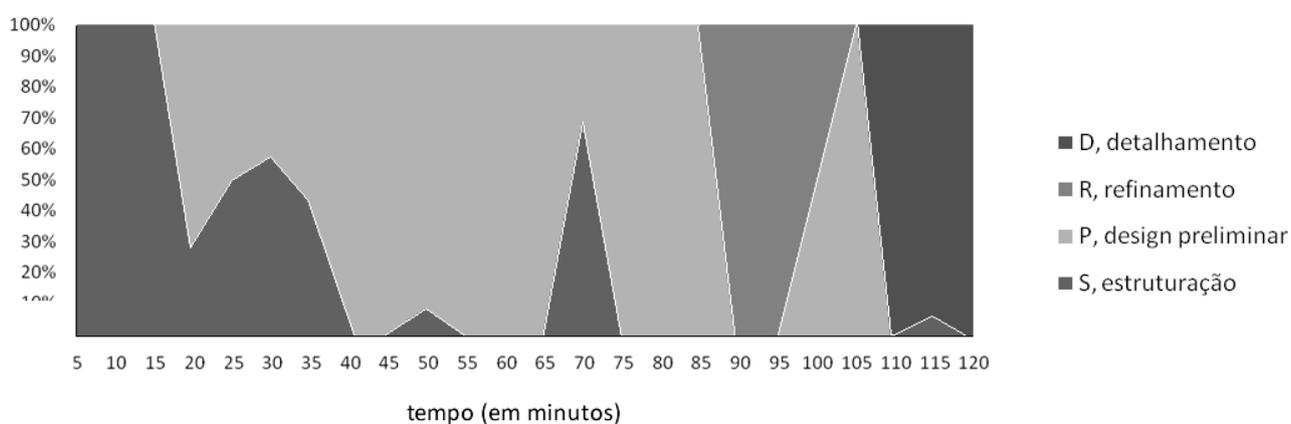


Gráfico 9. Distribuição das etapas das etapas para um arquiteto (S-A) e para um designer instrucional (S-I). Retirado de Goel (1995, p.115).

Os gráficos do sujeito DI (10 e 11) se parecem mais com os de Goel (gráfico 9).

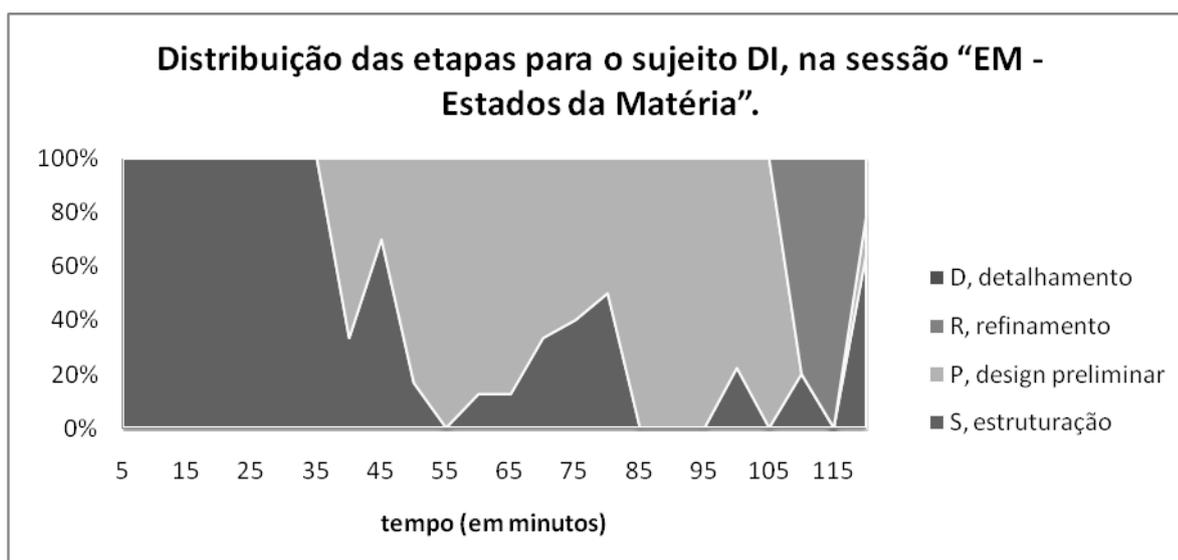


Gráfico 10. Distribuição das etapas das etapas para o sujeito DI, na sessão “EM - Estados da Matéria”.

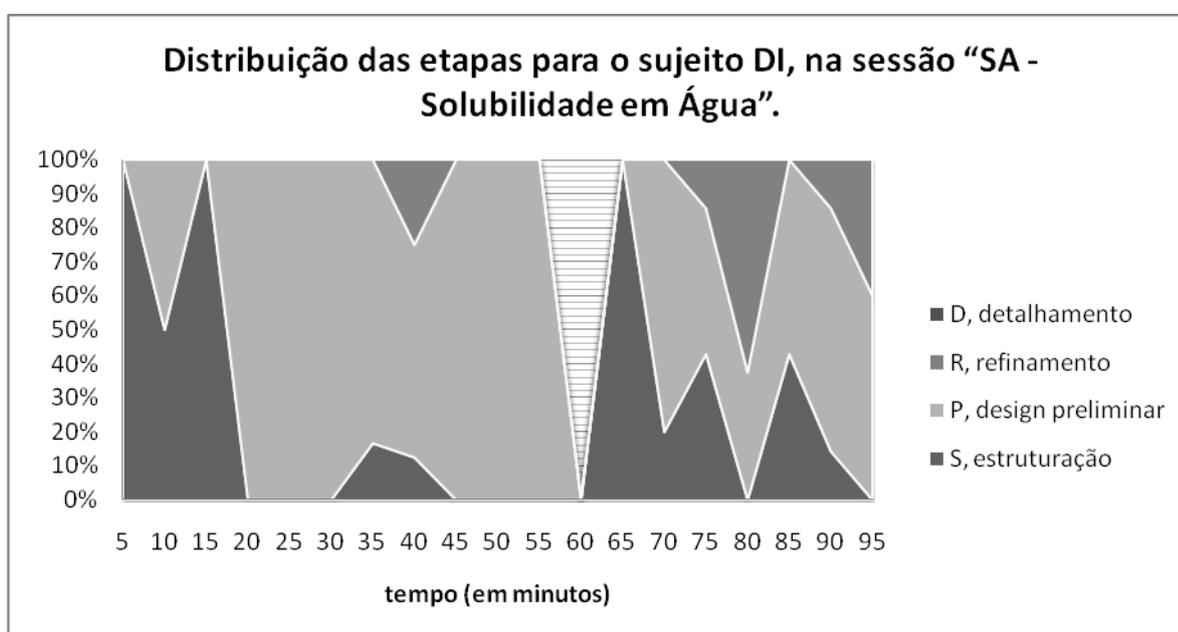


Gráfico 11. Distribuição das etapas das etapas para o sujeito DI, na sessão “SA – Solubilidade em Água”.

Nestes gráficos se vê uma grande parte do tempo dedicada à estruturação (cerca de metade do tempo), para logo em seguida começar a etapa de design preliminar. Juntas, elas respondem por mais de 91% do tempo da sessão EM. Porém, é importante ressaltar que o sujeito DI fala bastante menos que o sujeito EQ(B), seu parceiro de dupla. Durante a sessão AS, por exemplo, houve um período de 5 minutos no qual ele sequer falou. Por este motivo, os gráficos com as etapas do educador desta dupla também devem ser analisados (gráficos 12 e 13).

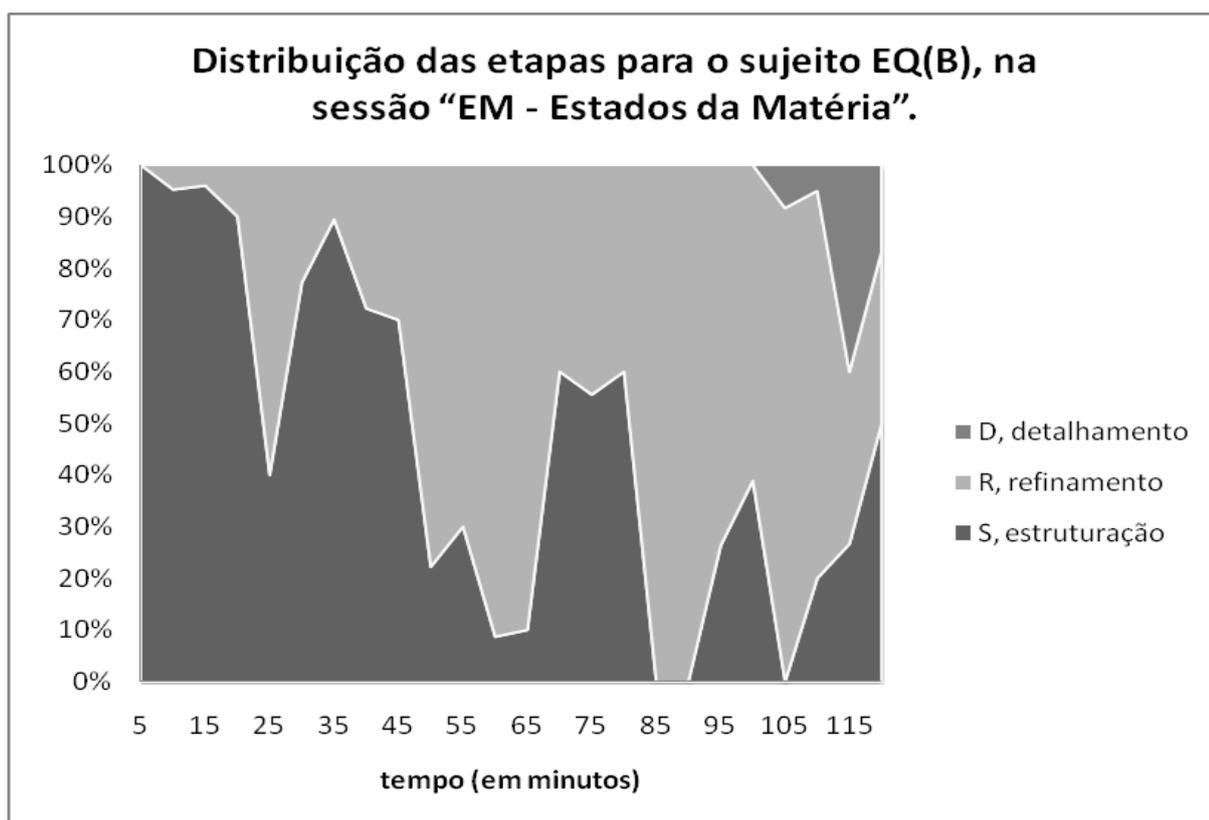


Gráfico 12. Distribuição das etapas das etapas para o sujeito EQ(B), na sessão “EM - Estados da Matéria”.

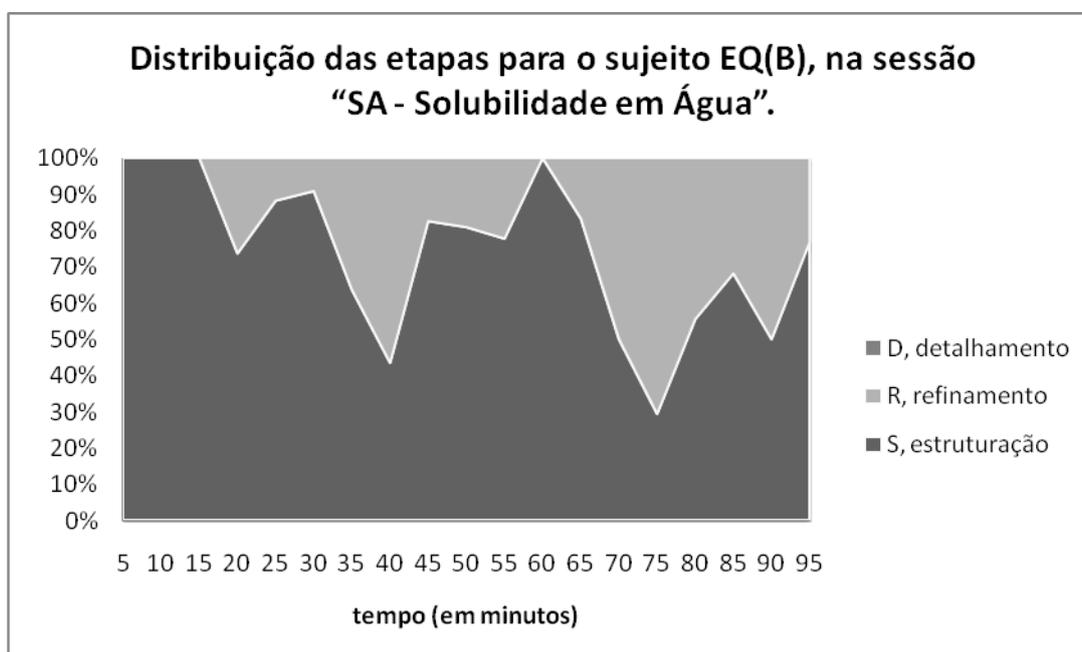


Gráfico 13. Distribuição das etapas das etapas para o sujeito EQ(B), na sessão “SA – Solubilidade em Água”.

Vendo os dois gráficos em paralelo, também se percebe que o sujeito EQ(B) passa a maior parte do tempo estruturando e refinando o problema. No caso dele, os movimentos relacionados à estruturação são justificativas ou explicações para o sujeito DI, e os relacionados ao refinamento são exemplos.

A linkografia das sessões (figuras 35 a 38) ajuda a mostrar a participação de cada um dos sujeitos na construção do problema pela dupla. Na figura 39 se vê como podem ser lidas estas informações. Nas imagens se percebe que, para a dupla DI_EQ(B), o educador concentra a autoria.

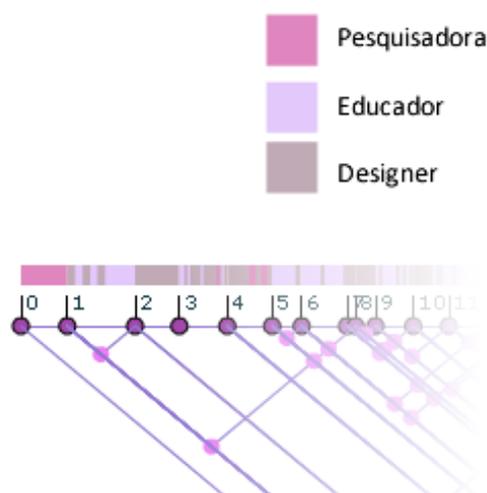


Figura 39. Como ver os autores de cada contexto nas linkografias.

As conclusões e as hipóteses levantadas neste sub capítulo da análise quantitativa apontam para algumas direções interessantes, tais como:

- Parece haver um efeito relacionado à dupla. A dupla DE_EQ(A) apresentou maior “sintonia”, tendo compartilhado a autoria dos contextos de forma igualitária em ambas as sessões.
- Parece ter havido um efeito do tema, já que, em ambas as duplas, a quantidade de movimentos com uma ou nenhuma conexão aumentou através das sessões.

Estas observações poderiam ser explicadas através da análise do processo, na qual se percebeu duas características importantes:

- Ausência da etapa “detalhamento” para o sujeito DI, e pouca presença da etapa “refinamento”. Acredita-se que isto indique uma tentativa de “brifar” o educador, ou seja: tentar obter conhecimento sobre o tema antes de projetar.
- Uso de uma estratégia “vertical” de resolução de problemas por parte do sujeito DE, inferida nos gráficos das etapas (8 e 9) por causa de simultaneidade das quatro etapas através do processo. Isso indica que, durante os intervalos, o sujeito estruturava o problema e o resolvia. Depois desta série de “*loops*”, percebe-se a entrada numa etapa de detalhamento, onde os contextos são resgatados.

4.2.3. Identificar evidências de sobreposição e cruzamento entre os domínios Educação, Química e Design

Conforme referido no capítulo “Metodologia”, este objetivo não será objeto de análise quantitativa. O motivo é que não foram identificadas variáveis que pudessem refletir este objetivo. Acredita-se que, dada sua enunciação, ele se preste mais a uma análise qualitativa.

Acredita-se que as evidências, por si, sejam fortes o suficiente para sustentar estas conclusões. Todavia, seguindo o método da Análise Verbal, os protocolos serão analisados com um viés qualitativo, a fim de verificar se estas regularidades se verificam estudando estes quatro processos em profundidade.

O sub capítulo seguinte também está estruturado conforme os objetivos específicos desta tese, mostrando, ao invés de gráficos e tabelas com o comportamento de variáveis, quadros e imagens que ilustram diálogos ocorridos durante as sessões.

4.3. ANÁLISES QUALITATIVAS

Nesta seção serão apresentadas particularidades encontradas nos protocolos, que têm a ver com as questões de pesquisa:

1. Investigar se designers e educadores conseguem construir colaborativamente o espaço do problema.
2. Entender que estratégias o designer usa para projetar quando não possui conhecimentos específicos na área de domínio do projeto.
3. Identificar evidências de sobreposição e cruzamento entre os domínios Educação, Química e Design.

Esta exposição será feita através de trechos onde se detectou a particularidade, com suporte das imagens dos sketches produzidos durante as verbalizações (quando pertinente).

4.3.1. Investigar se designers e educadores conseguem construir colaborativamente o espaço do problema.

A intenção em colocar este objetivo específico na pesquisa é verificar se a falta de conhecimento específico no domínio atrapalha de alguma forma o projeto do artefato. Para tanto, pergunta-se se ambos conseguem construir colaborativamente o espaço do problema. Tanto na análise quantitativa como na qualitativa, parte-se do princípio que haverá mais sucesso que insucesso no compartilhamento de informações. Por isso, serão apresentados, nesta seção, trechos onde se detectou que um dos sujeitos não estava compreendendo o que o outro estava falando. A natureza destes trechos também faz parte da análise, para que se identifiquem pontos que precisem de atenção neste tipo de projeto.

4.3.1. 1. Problemas em compreender questões relacionadas à química

Esperava-se que a compreensão de problemas de química pelo designer fosse um gargalo para o projeto do artefato. Esta suposição foi o motivo de escolher dois temas com níveis de dificuldades diferentes para o experimento. Esperava-se que, durante o projeto do artefato com tema “solubilidade em água” as barreiras de comunicação fossem maiores – o que efetivamente ocorreu; há mais ocorrências de não compreensão de itens relacionados à química para este tema. Porém, pelo menos no caso do sujeito DE, isso não configurou um problema, pois, como será mostrado na seção 4.2.2, ele parece sempre evitar aprofundar-se nos tópicos que “pertencem” ao sujeito EQ(A). Já para o sujeito DI a compreensão sobre química foi uma barreira importante. Acredita-se que isto possa ter duas origens: (1) a grande riqueza de abordagens e conseqüente complexidade através da qual é percebida a aprendizagem de conceitos sobre química pelo sujeito EQ(B) e (2) a tentativa do sujeito DI de apropriar-se dos conceitos sobre química para depois projetar.

Nos diálogos do sujeito DE deste caso pode-se observar:

- a) Assunção do sujeito DE que há conteúdos diferentes para cada uma dos três estados da matéria, no quadro 17.
- b) Sujeito DE acredita que a mudança de estado acontece de uma só vez, numa dada temperatura, no quadro 18.
- c) Sujeito DE sugere mostrar imagens sub-microscópicas, nos quadros 19 e 20.

Nos diálogos do sujeito DI deste caso pode-se observar:

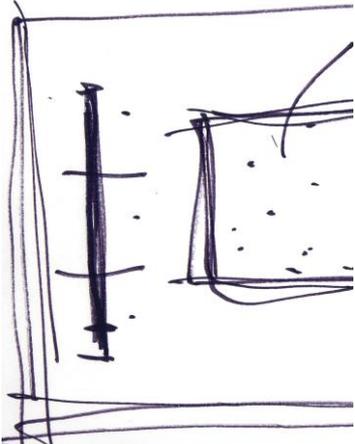
- a) Sujeito DI não compreende a importância da representação submicroscópica dos fenômenos, nos quadros 21 e 22.

- b) Sujeito DI parece estar perdido, tentando organizar sua linha de raciocínio, nos quadros 23 e 24.

Concepção ingênua sobre a natureza dos estados físicos		
Início (m)	DE	EQ(A)
4	Fazer tipo... De repente... Tem uma especificação geral do que é estados da matéria, tem um menu principal, com três alternativas... E partindo desses três a gente começar a especificação dos conteúdos, o que vai ser trabalhado em cada um. Fazer tipo... De repente... Tem uma especificação geral do que é estados da matéria, tem um menu principal, com três alternativas...	

Quadro 17. Protocolo EM_DE_EQ(A). Trecho onde o sujeito DE sugere colocar os três estados em nos separados da árvore que representa a divisão do conteúdo.

Ambos educadores, por terem uma orientação cognitivista sobre aprendizagem³⁵ e por serem especialistas em ensino de química, não têm uma visão compartimentalizada do ensino. Por isso, dificilmente eles aceitariam uma proposta que dividisse o tema em tópicos separados.

Concepção ingênua sobre mudança de estado			
Início (m)	Termômetro	DE	EQ(A)
34		Aí dá pra [faz três traços na linha do termômetro] na passagem dos estados, ele visualizar essa animação, por exemplo, esse comportamento das moléculas num exemplo.	Sim.

Quadro 18. Protocolo EM_DE_EQ(A). Trecho onde o sujeito DE acredita que a mudança de estado acontece de uma só vez, numa temperatura fixa.

Esta concepção ingênua é bastante presente, sendo inclusive reforçada caso os estados físicos da matéria sejam estudados separadamente. Mas o educador sequer dá

³⁵ Experiência da autora, que conhece ambos educadores e o grupo ao qual eles estão ligados desde 2003

importância para este problema, simplesmente ignorando-o. O fato do sujeito DE não ter destreza na aplicação de conceitos de química não impede que ele projete.

Já nos quadros seguintes o sujeito DE fala sobre modelos de representação.

Concepção ingênua sobre modelos		
Início (m)	DE	EQ(A)
23	É, e isso aqui a gente tem que mostrar com essas imagens sub-microscópicas das coisas se agregando. Acho que seria interessante	
	Sim	Ai precisaria ser em simulações né, lidando com isso, Mostrando essas estruturas.
	Seriam mais ilustrações ou imagens das...	Não é que nós não temos imagens, por exemplo, do átomo...
	Seriam ilustrações que representariam isso daí.	Representações
	Ok	

Quadro 19. Protocolo EM_DE_EQ(A). Trecho onde o sujeito DE sugere usar imagens sub-microscópicas.

Concepção ingênua sobre modelos		
Início (m)	DE	EQ(A)
31	Mas se a gente fizesse, nesse cuidado de trabalhar com modelos... Representa, por exemplo, a bolinha, que seria o átomo	
	Dizer que isso aqui é igual a... Aí mostrar exatamente a estrutura [desenha um cubo, como se fosse uma estrutura atômico-molecular]	
	Pra ele saber que essa complexidade está sendo abstraída e trabalhada como uma bolinha, por exemplo.	
	Ah...	Sim, mas a questão é que isso [aponta para a estrutura-cubo] também é modelo. Tu não tens a imagem visual dum átomo
	Tá, mas esse modelo aqui [aponta a estrutura-cubo] é um modelo que...	Mais complicado, mais complexo

Quadro 20. Protocolo EM_DE_EQ(A). Trecho onde o sujeito DE apresenta uma concepção ingênua a respeito de modelos; como se eles refletissem todos os aspectos do objeto que modelam. Neste caso, o modelo representa uma substância.

Os dois quadros acima apontam para uma idéia equivocada de que seria possível visualizar átomos e moléculas. Neles se percebe que o sujeito DE está buscando

entender o que são modelos e porque não se pode usar uma imagem “real”. Parece que este foi o primeiro contato do sujeito DE com este tema. No caso destes projetos, apenas se pode especular o quanto o designer teria se beneficiado se reconhecesse a importância deste tema para o ensino de química.

“Modelos de representação” é um dos tópicos mais caros ao ensino de química, pois, como explica o sujeito EQ(A) no quadro acima, não se tem uma “imagem visual dum átomo”. Cada modelo de representação ressalta diferentes características das moléculas. Um exemplo é o anel aromático do benzeno, cujas ligações duplas “não têm lugar fixo”, devido ao fenômeno da ressonância. A figura 40 mostra três diferentes representações desta molécula.

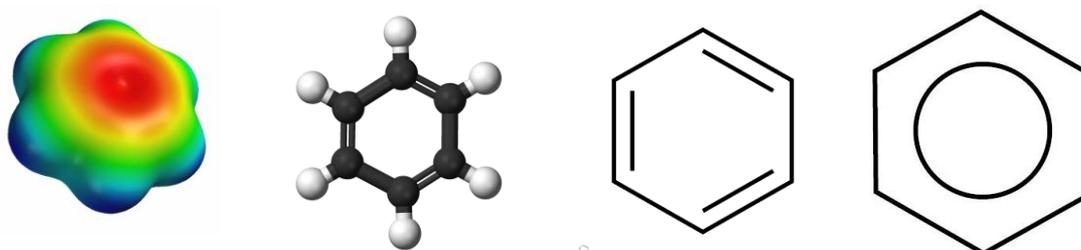


Figura 40. Diferentes formas de representar o benzeno.

Ainda que esta molécula não seja protagonista em nenhum dos dois temas, ela se presta à esta breve introdução ao tema “modelos de representação em química”. A imagem na extrema esquerda mostra o volume ocupado pela molécula, com o anel no centro, em vermelho (as cores representam a nuvem eletrônica). As duas imagens seguintes mostram a molécula com diferentes níveis de detalhe: com e sem os hidrogênios. A representação com os “palitos” também está correta, pois os químicos convencionaram que os hidrogênios, em compostos orgânicos, ficam subentendidos. Ressalta-se que a segunda representação (a dos “palitos gordinhos”) mostra os átomos hidrogênio e carbono com o mesmo tamanho. E a imagem na extrema direita é a única que consegue representar o fenômeno da ressonância das ligações duplas: não se sabe onde elas estão.

Da mesma forma que a não compreensão e o não conhecimento da importância dos modelos de representação em química representaram um “complicador” para o sujeito DE, o sujeito DI também teve problemas. No caso dele os problemas foram maiores, pois tiveram impacto em sua concepção sobre o artefato. Como se mencionou anteriormente, um dos fatores que pode ter contribuído para esta dificuldade e demora na compreensão pode ter sido a sofisticação com que o sujeito EQ(B) explica o tema. De qualquer forma, para o sujeito DI, uma compreensão equivocada sobre os níveis de representação e sobre seu papel na aprendizagem de química impediu o entendimento profundo do problema pedagógico colocado pelo sujeito EQ(B). O raciocínio colocado pelo sujeito EQ(B) explicita boa parte de sua visão sobre aprendizagem de conceitos sobre química, podendo ser resumida na frase “a compreensão dos fenômenos macroscópicos será mediada pela imagem que o sujeito faz do fenômeno em nível microscópico”. Desta linha de raciocínio o sujeito EQ(B) deriva abordagens ao ensino de química (como: “do macro para o micro” e “transversalidade”) e fenômenos cognitivos (como: “concepções ingênuas” e “teorias implícitas”). Outra compreensão incompleta - por parte do sujeito DI - que parece haver é em relação ao nível simbólico (“representativo da linguagem”), no qual o sujeito EQ(B) inclui as fórmulas – algébricas, estruturais e possivelmente gráficos – e que o sujeito DI parece limitar às fórmulas algébricas e às palavras (talvez por isso a menção à “teorias”). Também se ressalta que uma menção à “teorias” está bastante descontextualizada; não era este o assunto da fala do sujeito EQ(B). O trecho do diálogo onde esta interpretação incompleta do sujeito DI se manifesta está no quadro 21.

Início DI (m)	Níveis de representação EQ(B)
7	E a partir de determinadas características submicroscópicas que a gente conseguiria fazer uma diferenciação, uma explicação, uma justificativa do comportamento macroscópico
	Então estas são duas características importantes: a característica de ter algum determinado evento, que a pessoa possa visualizar perceptivamente, que tem a característica representacional, submicroscópica, então essa questão submicroscópica ela é representacional, né?
	<p><i>Como começa?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Perceptivo Macro (Representativo) (experimentação) - Sub microscópico - Representativo de Linguagem (ex. Fórmulas)
	Então a própria percepção do evento, a percepção da característica do sistema, da transformação do sistema, a sua representação ela é mediada pelas representações que a gente tem com relação a este evento.
	E uma outra questão que é muito importante é a questão da linguagem, da característica que vai enunciar o comportamento... Característica do sistema, da transformação,
[escreve representativo da linguagem, formular]	E também nessa enunciação desta característica de linguagem tem toda uma descrição da química que é feita através de fórmulas, de abreviações...
	Então a gente chama isso, tem uma característica macroscópica, submicroscópica e de linguagem representacional...
	Então estas três idéias elas sempre tem que aparecer quando a gente ta trabalhando um conteúdo em química, né?
Ta, daí tu diria então... Desculpa te interromper, mas... Perceptivo – macro, daí então o submicroscópico e o representativo estaria...	Representativo de linguagem...
... De linguagem... [escreve representativo da linguagem, formular]	E esta linguagem entendendo linguagem com um aspecto mais amplo...
	E não simplesmente como uma linguagem do ponto de vista das palavras, conceitos, “definitórios”, escritos, mas também com as representações que são feitas desta linguagem, então...
	A representação da linguagem vai envolver aí... Fórmulas... Então estas três coisas elas vão...
E as teorias?	Teorias, dependendo do conhecimento sim, mas isso

sempre tem que aparecer, né? Essas três coisas têm que aparecer...

Então tem que aparecer alguma coisa “macroscopical”, pro sujeito... Ajudar a interpretar esta coisa que ele está estudando...

Quadro 21. Protocolo EM_DI_EQ(B). Sujeito DI demonstra alguma dificuldade em compreender o papel do uso de diferentes níveis de representação na aprendizagem de conceitos de química. Na figura colocada dentro do quadro, por exemplo, o sujeito DI escreve “representacional” ao lado de “macroscópico”. O nível representacional é o microscópico. O macroscópico é a realidade percebida.

Mais tarde (quadro 22), o sujeito DI vai referir-se às “fórmulas”, que, na fala do sujeito EQ(B) não receberam muito foco.

Uso de fórmulas		EQ(B)
Início (m)	DI	
34	Tá, e outra pergunta que eu tinha pra ti: tu acha mais fácil, como tu falou, apresentar as fórmulas pros alunos, dar a explicação dos estados estáticos, por exemplo, e depois fazer a experimentação?	
	...	
44	E não precisa ser uma apresentação uma após a outra, pode ser feita a apresentação do experimento... Ter dada a representatividade da linguagem e voltar este experimento pra mostrar a inversão...	

Quadro 22. Protocolo EM_DI_EQ(B). Sujeito DI fala em “fórmulas” e em “representatividade da linguagem”, apesar de sua dupla, o sujeito EQ(B) não ter dado foco a elas.

Há ainda um trecho que se acredita evidenciar com clareza a dificuldade imposta pelo tema e pela sofisticação com que o sujeito EQ(B) aborda o tema solubilidade. Ressalta-se que esta sofisticação em relação à forma de enquadrar os temas da química pode ter representado uma dificuldade a mais (além da inexperiência) para o sujeito DI. Nele o designer parece estar perdido em relação à ordem dos temas mencionados, tentando organizar sua linha de raciocínio.

Ordenamento dos itens	
Início (m)	DI EQ(B)
52	Então também essa discussão com o aluno da solubilidade do sal em relação à temperatura, também dá pra discutir essa coisa com características macroscópicas também... Com um videzinho coisas assim
	E eu coloquei também exemplos das águas de referencia que ai pode entrar essa parte aí.
	Do efeito da temperatura?
	Isso Mas ai e depois...
	Poderia ter essa parte... Macro...
	E como se depois quando fosse falar da temperatura tu voltasse e falasse?
	[silêncio]
	[relendo na f1] das impli... Capacidade de solubilidade... A gente viu as tabelas... A gente viu... Solvente e os solutos... A recapitulação, que teria que ter antes de entrar na matéria... Falou um pouco da formatação da tabela, como seria... E como ela poderia ser montada nesse sentido... E alguns exemplos dos sistemas que ela poderia mostrar
	[vira a f2 e vê a f3] Esse material de ontem envolve muito mais informação que o de ontem, né? É um conteúdo bem mais denso, né?

Quadro 23. Protocolo SA_DI_EQ(B). Sujeito DI parece perdido. As “águas de referência” mencionadas neste quadro são águas com diferentes concentrações de diferentes sais, encontradas em fontes abundantes em cidades como Caxambu – MG.

Ordenamento dos itens	
Início (m)	DI EQ(B)
85	E essa... Os dados empíricos vai depois da... Das tabelas também? [consulta f1]
	Dados empíricos fazem parte da tabela, né?
	Não, energia eletrostática, desculpa.
	Isso é um dos dados que ele pode pegar da tabela...
	Ta não, a definição...
	A definição... É... Isso aí pode aparecer junto...

Quadro 24. Protocolo SA_DI_EQ(B). Sujeito DI parece não saber quais critérios estarão presentes na tabela.

O diálogo mostrado no quadro 24 acontece no final da sessão, e referencia a tabela com critérios para solubilidade elaborada ao longo da sessão SA. O sujeito DI parece não ter claros os critérios que compõe esta tabela.

Considera-se importante ressaltar que, pelo menos para o sujeito DI, o tema parece ter acrescentado uma dificuldade importante. Porém não se acredita que isso seja porque ele “sabe menos” química que o sujeito DE – o contrário até poderia ser mais provável, já que o sujeito DI é mais novo e saiu do ensino médio a menos tempo, e porque nenhum dos designers afirmou ter um gosto especial por química. Ao que tudo indica, esta dificuldade na compreensão do tema teve impacto devido à estratégia do sujeito DI de “brifar” seu colega educador, o que o sujeito DE não tentou fazer. Porém não há elementos nesta pesquisa que possam apontar para uma conclusão a este respeito.

4.3.1. 2. Problemas em compreender questões relacionadas à educação

Alguns conceitos relacionados à educação, propostos pelos educadores, não foram compreendidos pelos designers. Eles estão ligados à ferramentas digitais e representações que são familiares aos educadores, até mesmo pela orientação teórica que seguem. Nos diálogos deste caso pode-se observar:

- a) Não compreensão, pelo sujeito DI, do tema que o sujeito EQ(B) aborda. Ele fala sobre a importância de debater e refletir sobre o que o artefato apresenta, e o sujeito DI leva a discussão para questões relacionadas à navegação e estrutura dos tópicos do artefato. Parece que eles estão falando de assuntos distintos (quadro 25).
- b) Outro caso de não compreensão do que o sujeito EQ(B) fala: enquanto o educador fala em apoio ao professor, em formas de conduzir o debate e

instigar a formação e a quebra de conceitos dos estudantes, o designer fala em restrição de acesso através de senhas (quadro 26).

- c) Não compreensão, pelo sujeito DE, do papel das ferramentas fórum, log e mapas conceituais, no quadro 27. Há, nestes trechos, dois tipos de ruídos: (1) função dos fóruns (início no 40º minuto do trecho mostrado no quadro 28) e dos mapas conceituais e (2) o que é um arquivo log.

Início (m)	DI	Navegação ou reflexão sobre conteúdo? EQ(B)
21		O importante é que estas pessoas, sujeitos, alunos, façam uma discussão e que nesta discussão possa suscitar que eles falem sobre isso.
		E ao falar sobre isso, um papel do professor ou do material didático-computacional é ajudar ele a declarar, a corrigir as idéias, a desenvolver melhor as suas idéias, a evoluir seus conceitos... Que ele está usando pra justificar pra este determinando fenômeno...
		Então tá, essa e uma coisa importante...
		É, porque eu vejo assim por exemplo, esse software, quando fosse fazer por exemplo a apresentação dele pros alunos, no caso vai ser uma apresentação que é o professor que vai demonstrar pros alunos como o software funciona ou se são os alunos que vão começar a mexer diretamente no software.

Quadro 25. Protocolo EM_DI_EQ(B). Sujeito DI parece estar falando sobre outro tópico.

Início (m)	DI	Apoio ao professor ou senhas? EQ(B)
51		Então quero dizer assim: o professor ele acha importante, e com toda razão, que ele conduza o trabalho no laboratório com os alunos dele. Sim, mas tem que ter alguma coisa que seja tipo um manual de orientação pedagógica para utilização do professor, onde, por exemplo, diga assim: <hr/> No caso desses experimentos com a técnica de entrevista que eu fiz, que acaba sugerindo uma estratégia didática, muitas vezes o aluno não está interpretando direito isso, daí tu dizes assim: “olha só, teve aí um menino, um ex aluno meu, vamos dizer, teve um ex aluno meu que me disse, numa época, que nessa transformação é que quando aquecia, o coisa ali, então tinha essa coisa, o iodo era uma substância... o iodo não, esse sólido era uma substância composta, que quando aquecia ela se quebrava e surgia o gás ali de dentro... que tu acha? Tu acha que pode ser?” <hr/> Aí o sujeito que está vendo o fenômeno vai dizer: é... Pode... <hr/> ... <hr/> 53
	Um help...	E preciso dar também algum tipo de informação que o professor pode usar, ou se o professor não usar, algum tipo de coisa que apareça pro sujeito, ele ter essa... <hr/> É, um help ou um... Digamos assim, essas idéias... vai vir uma idéia: “tu concorda ou não concorda com isso? Se tu discorda, porque?” <hr/> ... <hr/> 54
	Esse material de apoio poderia estar disponível tanto para o professor quanto para o aluno.	Que eu acho importante que quando se apresente o estado da matéria pro sujeito, nessa representação do estado da matéria, dessa representação até dinâmica, ele já tenha bastante forte a idéia de como que é... Tenha uma regularidade de que há uma conservação da matéria, que essa conservação vai envolver um juntar desjuntar alguma coisa, e que isso vai dar características perceptivas <hr/> Sim, tu ter algum tipo de modulo de uso <hr/> Quase como se tu colocasses senha pra administrar: o professor tem uma senha pra acessar certas matérias do, do cd, ou do jogo esse... <hr/> Não sei se... Agora senha é uma coisa mais administrativa...

Quadro 26. Protocolo EM_DI_EQ(B). Sujeito DI parece estar falando sobre outro tópico.

Nestes diálogos fica clara a orientação teórica do sujeito EQ(B). Ele não propõe, em nenhuma das sessões, uma abordagem diretiva e positivista do tema – porque não é desta forma que ele entende que a aprendizagem acontece. Ao invés disso, ele sugere que o artefato deve apoiar o professor na tarefa de buscar desconstruir teorias implícitas através da confrontação de conceitos com evidências macroscópicas. E nestes dois quadros, as verbalizações do sujeito DI não remetem a este tema. Especula-se que - da mesma forma que o conhecimento prévio da importância dos modelos de representação poderia ter dado a ambos os designers uma vantagem no projeto de ambos os artefatos - o conhecimento de teorias da educação poderia auxiliar o designer identificar a corrente que o educador segue, e projetar seguindo estes princípios. Porém, da mesma forma que se ressaltou no caso dos modelos de representação, nesta tese não há elementos suficientes para embasar esta conclusão.

Ferramentas colaborativas		
Início (m)	DE	EQ(A)
40		Eu pensei em botar também a estrutura de um fórum... Para permitir também a participação do aluno. Porque o aluno aqui ainda está muito passivo nisso.
	E, mas eu, eu... Acho de suma importância isso... Mas num momento final. Num momento que tu explicaste lá, passou pelas transformações. Ou na tela inicial tu tens um link pra eles fazerem as suas dúvidas ou [não deu pra entender]...	
	Mas não misturar isso com conteúdo do professor. Eu acho que e como se fosse um fórum, um blog, um chat, que tu terias uma tela pra eles, mas que eles não teriam acesso em nenhum momento do conteúdo.	
	Certo	Não, não eu não to dizendo que... Tá, vamos dizer assim... Eles não podem

		editar aqui...
		Mas que junto, nessa tela, por exemplo, do lado, ele tenha a possibilidade de clicar em algum ponto, que te abre uma janela, alguma coisa, que tenha um fórum.
	[interrompendo] bom, está resolvido: num texto em que ele possa interagir. A gente cria um ícone desenha uma interrogação dentro de uma elipse	Por exemplo, é que...
	No que ele passa o mouse e esse ícone tá ativo, ali ele pode entrar, ali ele pode discutir ou pode perguntar.	
42	Sim	... Dai a importância de ter um arquivo log que eles chamam né, que te registre onde e que ele foi. Por exemplo, ele foi em estados da matéria e saltou foi lá pra não sei aonde... É, de repente, nesse texto aí, o que for linkado... Na parte introdutória já ta dizendo que... Estados da matéria, os átomos são distribuídos de tal maneira
66	Mas isso... [o aluno] teria acesso à esse mapa?	... Pode ter acesso, só que o mapa não completo... À medida que ele vai indo, o mapa vai abrindo... Então vou te dar uma sugestão... Esse mapa conceitual, ele num primeiro momento... Ele ativo... No que o aluno pulou, por exemplo – isso não vai acontecer porque a gente vai tentar guiar ele. Mas tu ter todo... Como se fosse o conteúdo do site, tu ter todo o mapa... E os que ele já visitou estariam preteado, ou... hachurado. E... se o aluno tem acesso a isso, pode ser uma coisa um pouco mais escondida no site Não sei se isso aqui colabora pra ele ver aquilo que ele já viu... É que na verdade a idéia é ajudar a ver a nível dos conceitos Aqui acho que o professor seria fundamental, ver o que ele já

visitou desses conteúdos.	
	Não, pro aluno também. Vou refazer na forma de uma pergunta: porque não seria importante pro aluno saber o encadeamento entre os conceitos?
Certo, certo, certo.	O encadeamento entre estrutura.
É, te entendi. É, mas eu colocaria numa tela que se ele quisesse ver os conteúdos, inicialmente, todo o conteúdo...	
Que eu tenho um pouco de receio...	
	Não, mas não estaria inteiro.. O mapa ia se montando... Abrindo.
Ah, ia se montando... Como se fosse uma árvore genealógica	Isso

Quadro 27. Protocolo EM_DE_EQ(A). Função, localização e uso do fórum. O sujeito DE parece não compreender a função do fórum, dos mapas conceituais e dos arquivos de log, ferramentas que o sujeito EQ(A) considera importantes, pois cumprem funções de permitir a colaboração entre os estudantes e verificar o percurso dos estudantes dentro do artefato.

A mesma situação que aconteceu com o sujeito DI aconteceu com o sujeito DE. O sujeito EQ(A), por ter uma compreensão sobre os processos de aprendizagem orientada ao cognitivismo, crê na participação e envolvimento dos estudantes e professores como fator-chave para o sucesso do artefato. O sujeito DE parece confundir estes conceitos com “permissividade” e “falta de controle”.

4.3.2. Entender que estratégias o designer usa para projetar quando não possui conhecimentos específicos na área de domínio do projeto.

Da análise dos dois protocolos de cada um dos designers, parece que ambos têm formas quase que opostas de enfrentar o problema de projeto. Enquanto o sujeito DE integra as informações recebidas do sujeito EQ(A) ao longo do projeto – o que resulta em ocorrências de movimentos relacionados à estruturação durante todo o protocolo – o sujeito DI busca marcar etapas de forma seqüencial: primeiro estruturar, depois projetar. O problema com esta estratégia é que, como ressaltado anteriormente, não é possível adquirir todo o conhecimento necessário para projetar em poucas horas. Esta estratégia

faz o protocolo da dupla com o sujeito DI ser mais parecido com os resultados mostrados por Goel (1995), em que se percebem fases distintas e em seqüência no processo de projeto, porém a dupla não consegue entregar o que foi pedido no briefing. Por exemplo, o sujeito DI, no final (119º minuto) da sessão sobre estados da matéria, admite que “Não entregaria assim meu trabalho de... Tá aqui o software...”

Esta estratégia fica também evidente quando se analisam os desenhos feitos por cada um dos designers. Enquanto se percebe nos desenhos do sujeito DE uma progressão dos rascunhos ao detalhamento, nos desenhos do sujeito DI não se vê uma evolução em direção ao detalhamento – tanto é que suas folhas estão preenchidas não com desenhos, mas com textos. Este caso é exemplificado nas figuras 41 e 42, que mostram um desenho do sujeito DI e um do sujeito DE, respectivamente, produzidos no final da sessão de projeto do artefato sobre estados da matéria.

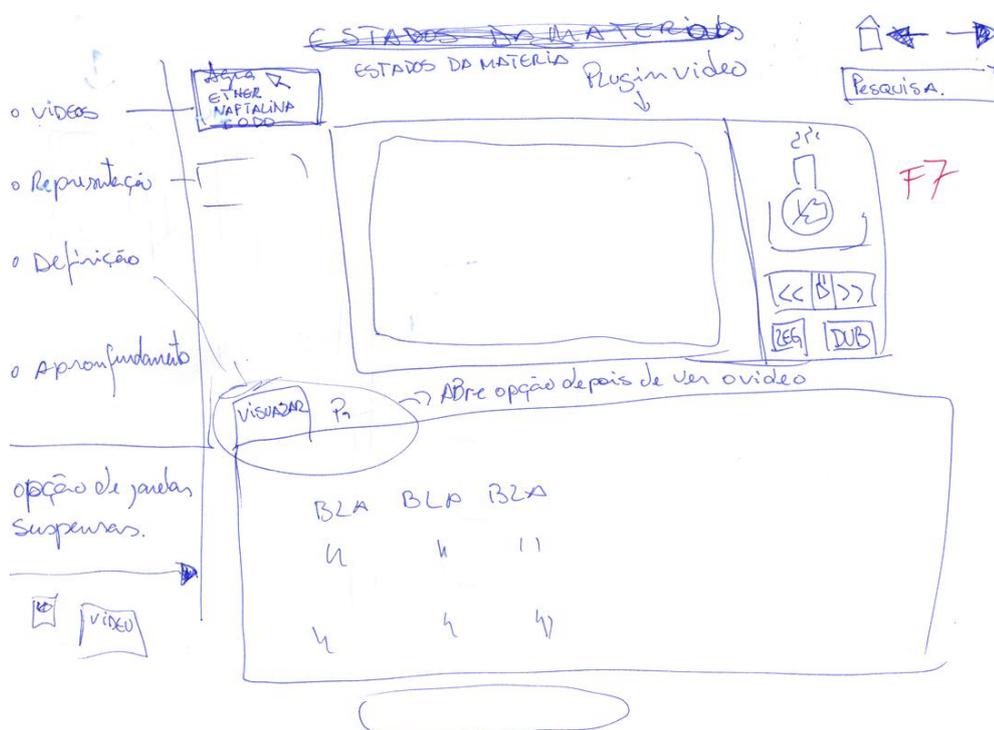


Figura 41. Último sketch feito pelo sujeito DI, para o artefato sobre estados da matéria.

Início (m)	DI	Processo do processo EQ(B)
5		Como é que tu preferes fazer? Tu preferes debater a idéia antes ou... Trocar uma figurinha antes?
	É, eu preferia mais debater assim, tipo...Você, como professor de química me explicaria qual seria... O que você daria na aula, por exemplo. Uma aula de estados da matéria	
	Como você faria para, digamos assim...	
	Talvez não tenha uma relação direta... Tipo assim: primeiro teria que ser estudado estado liquido, depois... Não uma ordem assim, mas... “vamos começar com líquido” ou... “vamos começar com gasoso” ou “vamos começar com sólidos”	
		...
76		Agora como e que isso apareceria na tela pro sujeito? Essa questão.. Tá, não sei se a gente, em termos de discussão, tem muito mais coisa pra fazer...
		Agora, tá, o que o cara vai ver na tela primeiro, o que ele vai ver na tela depois... Como é que seria essa tela, como e que seria essa coisa... Que ele iria manipular...
		Não sei... Pelo menos agora não esta me ocorrendo... Discussão...
	Exatamente essa que eu tentei já organizar pra chegar nesta parte da apresentação... Como é que isso vai aparecer...	

Quadro 28. Protocolo EM_DI_EQ(B). Sujeito DI coloca sua estratégia para abordar o projeto, baseada na estruturação dos conhecimentos sobre o problema.

Outro trecho que mostra que o sujeito DI está “brifando” o sujeito EQ(B) é o do quadro 29. Nele o designer busca questionar o educador, com a intenção de ampliar os horizontes do projeto. O educador, por sua vez, rechaça frontalmente esta possibilidade, pois sua compreensão de como acontece a aprendizagem dos conceitos de química está bastante consolidada.

Ampliando os horizontes do projeto		
Início (m)	DI	EQ(B)
25	E tu como professor deve ter colegas que pensam o contrario de ti... Então de repente seria bom o professor ter essa opção de querer mostrar do micro – dos pequenos blocos – para o macro	
		Eu pessoalmente discordo disso... Eu como autor de material... Pegar o meu histórico, né?

Quadro 29. Protocolo EM_DI_EQ(B). Sujeito DI coloca sua estratégia para abordar o projeto, baseada na estruturação dos conhecimentos sobre o problema.

Talvez uma explicação para a abordagem do sujeito DI ao projeto seja uma não compreensão dos objetivos da sessão. Apesar de estar expresso literalmente no briefing e de ter sido reforçado ao longo da sessão pela pesquisadora, pode ser que ele não tenha compreendido qual o resultado desejado do projeto. Pode ser que isto explique um diálogo como o mostrado no quadro 30.

Até onde ir com os documentos de especificação?		
Início (m)	DI	EQ(B)
106	Essa parte de como... Digamos assim, deveriam aparecer os links... Essas coisas... Se seriam... Ícones ou não...	
	Tu não precisa desenhar os ícones, mas precisa, por exemplo, como eu falei, escolher qual é a imagem que vai ter. Por exemplo: aqui vai ter a imagem “disso aqui”. Dizer com e que e a imagem... Se vocês puderem colocar a organização da tela, como é que vocês pensaram que isso vai ser apresentado mesmo... Tu não precisa dizer, por exemplo, que a cor vai ser essa, que o ícone vai ser esse... Mas da um esquema de como e que isso vai ser...	
	Dar um esquema, mas dar mais... Cognitivo mesmo, de como vai ser acessado isso aí...	
	É... Visual mesmo... Isso, como se tu estivesse fazendo o desenho da tela mesmo... Pra quem vai receber conseguir ter uma idéia de como isso vai ser...	
	Ah, por exemplo, a experimentação... [começa a desenhar e escrever]	
	Um negocinho assim... Digamos assim: ícones.	
	Porque, mesmo assim, nos vamos utilizar da palavra em si, né? A pessoa pode clicar tanto no ícone pra acessar...	
		Sim, mas o vídeo depois vai ocupar tela inteira, ocupar meia tela... Ocupar dois terços de tela...
	Ah... sim...	
		E esse vídeo depois tem

um... Vai ter um botão pro
cara...

...

108 Visualizadores de vídeo, mas com as propriedades do software que vai ser implementado... Aí teria que realmente desenhar como vai ser esse... Essa apresentação do vídeo, mas... Do plugin pra apresentação do vídeo... Com o volume...

Quadro 30. Protocolo EM_DI_EQ(B). Sujeito DI talvez não tenha compreendido o tipo de resultado que se esperava como documentação do projeto.

4.3.3. Identificar evidências de sobreposição e cruzamento entre os domínios Educação, Química e Design.

As sobreposições e cruzamentos entre as áreas de domínio ficaram evidentes desde a filmagem. Durante elas era possível perceber que nem os educadores nem os designers ficaram estanques em seus papéis: os designers debatiam assuntos relacionados à química e educação, e os educadores debatiam assuntos relacionados à design. Todavia, a intensidade desta sobreposição de papéis não teve a mesma intensidade para todos os participantes. A dupla integrada pelo DE (DE) teve mais momentos de “troca de papéis” que a dupla integrada pelo designer inexperiente (DI) – que, dentre todos os participantes, foi o que mais se preocupou em “agir apenas como designer”, deixando que o educador definisse as questões relacionadas à química e educação. Este comportamento pode ser devido à inexperiência do designer e à estratégia de projeto adotada pelo designer DI. O sujeito DI além de nunca ter trabalhado com projetos digitais nem educacionais, havia passado apenas por duas experiências de projeto, no curso de Design. É possível que ele tenha tentado se ater a “brifar” o educador, como se ele fosse o seu “cliente”, pois na maior parte do tempo o que se percebe é que este designer anota e ouve o educador. Além deste fator, as personalidades – e conseqüentemente a interação dentro das duplas – podem ter sido um fator que limitou a sobreposição de papéis. O educador que era a dupla do designer inexperiente – EQ(B) - tinha mais experiência que o outro educador - EQ(A) . Além de ele ter produzido mais artefatos educacionais digitais e ter maior titulação e tempo de

experiência acadêmica, a tese de doutorado deste educador foi sobre concepções ingênuas a respeito de estados da matéria. Por este motivo, este educador já tinha uma idéia pronta para o problema. Apesar disso, este educador procurou não interferir na liberdade do designer em definir como o tema seria tratado dentro do artefato.

A dupla formada pelo DE (DE) e pelo educador EQ(A) pareceu ter apresentado maior “sintonia”. Durante diversas ocasiões o designer debatia temas ligados à química e educação, deixando transparecer suas “teorias sobre educação”. O sujeito EQ(A), apesar de ter formação e experiência nesta área não “podou” as iniciativas do designer, debatendo com ele todas as sugestões. Pode-se perceber que no caso do educador, a formulação dos problemas é ligada a conceitos de teorias educacionais, por exemplo: “usar fóruns permite acompanhar a evolução conceitual”. Já no que tange ao designer, pode-se perceber a presença de concepções ingênuas – no sentido de os conceitos não estarem formalizados num sistema. Mas não foi apenas o designer que “trocou de papel”. O sujeito EQ(A) também acaba opinando sobre design, porém, quando o faz, é sempre em resposta a uma restrição lógica, como por exemplo: “usar açúcar ao invés de sal [de cozinha] porque o sal vai se dissociar, e isso pode ser um problema para o aluno entender [a solubilização do sal em água]”. A necessidade de realizar raciocínios deste tipo é determinante para o projeto, ainda mais em temas como os escolhidos, por serem muito “visuais”.

Os trechos das transcrições que foram considerados evidências de sobreposição de domínios são apresentados nos subitens a seguir.

4.3.3.1. Sobreposição de domínio do designer experiente (DE)

Os trechos dos subitens seguintes mostram o sujeito DE debatendo questões que não pertencem (diretamente) ao design, tanto nas sessões de projeto de estados da

matéria como de solubilidade em água. Os exemplos mostram concepções sobre educação, listadas a seguir.

1. “Outros exemplos”
2. “Situações cotidianas”
3. “Estratégia didática”
4. “Ferramentas colaborativas”

4.3.3.1.1. Caso “Outros exemplos”

O primeiro exemplo vem do protocolo EM_DE_EQ(A), o primeiro em que o sujeito DE participa. Ele mostra, num trecho breve, sua convicção da necessidade de mostrar “outros exemplos” (quadro 31); outras substâncias além da água nos três estados físicos (o tema do projeto é estados da matéria). Nos diálogos deste caso pode-se observar:

- a) Imposição de restrição baseada no conhecimento em química pelo sujeito EQ(A), no quadro 31.
- b) Sugestão de tela que mostre outros exemplos de acordo com a disponibilidade da substância (quadro 32).

Diversidade de exemplos		
Início (m)	DE	EQ(A)
11	Até é bom ser de um exemplo comum pros três [estados da matéria] né? Mas eu acho que a gente devia ter também alguma tela, ou alguma subdivisão disso aqui... Também imagens, de também mostrar outros materiais nesses estados, representado os outros materiais no mesmo estado. Pra não restringir somente á água de repente.	Sim Ah sim... Sim.
52	Mas a minha preocupação é essa... É... Ficar só na água assim, sabe?	Ficar só...

Não sei se isso é uma... Não sei se é bom ou ruim. Não, não.

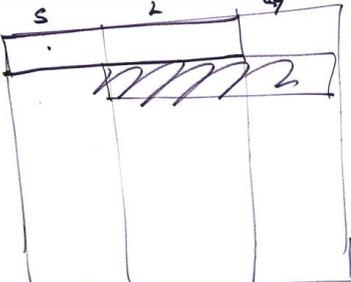
Quadro 31. Protocolo EM_DE_EQ(A). Trecho onde o sujeito DE afirma sua convicção de que seria positivo mostrar outros exemplos. Os trechos onde o sujeito EQ(A) afirma que é difícil encontrar substâncias que sejam comuns e que se apresentem nos três estados é posterior a este.

Talvez no diálogo do quadro 32 se tenha uma teoria implícita do sujeito DE sobre educação, que pode ser descrita como “aprendizagem através da exposição à múltiplos exemplos”. Pode-se conjecturar que é provável que os designers tenham este tipo de compreensão do processo de aprendizagem porque, para durante a formação dos designers eles são expostos à “diversas referências” dentro do mesmo tema, quase como se eles formassem um “catálogo de referências”. Quando se ouve uma conversa entre designers, é comum que eles se comuniquem com base nestas referências, como por exemplo: “acho que as linhas retas poderiam ser valorizadas através de uma linguagem neoplasticista”. Isto é, logicamente, uma hipótese para explicar a crença do sujeito DE em relação à necessidade de exposição a vários exemplos. No entanto, no âmbito da química, há restrições para que isso seja efetivamente realizado, como mostra o quadro seguinte.

Diversidade de exemplos: é difícil conseguir substâncias nos três estados		
Início (m)	DE	EQ(A)
53	Sim	Só que quando tu vai ver, na questão de exemplos de líquido, que nem tu falaste, né? Apresentar os outros exemplos, outras situações.
	Sim	Por exemplo... O ar no estado líquido. Tem o ar no estado líquido, o ar liquefeito... Tá, o ar no estado sólido é meio difícil de conseguir...
		Mas justamente, estou aqui tentando, estou aqui esboçando... Encontrar outros que tenham aqui esses estados físicos.
	É isso que eu tava... Até nos passou isso ai... A gente começa a falar, falar, falar e se perde.	Benzeno!
		[...]
54		É, alguns são mais fáceis de conseguir...
		O ar tu tem o líquido e o sólido em condições bem mais drásticas

Quadro 32. Protocolo EM_DE_EQ(A). Trecho em que o sujeito EQ(A) fala, pela primeira vez, que é difícil encontrar exemplos como a água, cujas apresentações nos três estados físicos são bastante conhecidas e fáceis de obter.

Todavia, isso não impede que o sujeito DE mantenha sua proposta de utilizar outros exemplos. Ele cria uma tela onde as substâncias aparecem de acordo com os estados físicos nos quais elas se apresentam:

Diversidade de exemplos: substâncias que não se apresentam nos três estados			
Início (m)	Tela de exemplificação	DE	EQ(A)
54		O ar, ele tem o estado líquido e gasoso... Então tu mostrar isso graficamente, num segundo momento, pro aluno, né? E daqui a pouco não só o ar, outros exemplos que se correlacionem nessa grade, nas três grades, sólido, líquido e gasoso.	Sim

Quadro 33. Protocolo EM_DE_EQ(A). Trecho em que o sujeito DE concilia a dificuldade em obter outras substâncias (fora a água) nos três estados físicos com sua intenção de mostrar outros exemplos.

Nos casos seguintes, a natureza dos exemplos será o foco de atenção, revelando mais nuances da concepção que o sujeito DE tem sobre aprendizagem.

4.3.3.1.2. Caso “Situações cotidianas”

Outra concepção do sujeito DE – e esta é compartilhada pelo sujeito EQ(A) – diz respeito à natureza dos exercícios e problemas propostos: devem ser relacionar o conteúdo ao dia a dia. No exemplo seguinte, mostra-se uma interação bastante rica entre os dois sujeitos. O sujeito DE sugere que “instigar” (a curiosidade?) do estudante seria uma forma eficaz de ele relacionar o conteúdo ao dia a dia. Isto (parece) disparar no sujeito EQ(A) a formulação de uma pergunta que expande os limites do conteúdo “Estados da Matéria” para o Ensino Médio: “existem outros estados?”³⁶. O sujeito DE segue seu fluxo de raciocínio e “ultrapassa” os limites de seu papel de designer, e formula duas perguntas: “baseado nesses conceitos que você assistiu, como você classificaria o

³⁶ Existem mais do que os quatro estados referidos no protocolo EM_DE_EQ(A).

fogo?” e “como você imagina o modelo representacional do fogo?”. É interessante notar que o sujeito DE (parece) ter aprendido algo sobre Química, pois usa o conceito de “modelos de representação” para formular a pergunta. Nos diálogos deste caso pode-se observar:

- a) A possibilidade de despertar a curiosidade dos estudantes com perguntas relacionadas à substâncias conhecidas, porém misteriosas (fogo) ou intrigantes (sonrisal e cerveja), nos quadros 35 e 34.

Uso de situações cotidianas		
Início (m)	DE	EQ(A)
70		É mesmo! A gente esqueceu o outro estado da matéria... A gente tava falando nele, tem que botar ali no lugar... Que é a discussão sobre o plasma... Que barbaridade
	Isso aí poderia ser um questionamento, que tu poderias intrigar o aluno...	
		Existem outros estados?
		...
	É... E... Baseado nesses conceitos que você assistiu, como você classificaria o fogo? Como você imagina o modelo representacional do fogo?	
	Porque aí, sei lá, tu está questionando uma coisa relacionada ao conteúdo prático, e daqui a pouco essa explicação é uma, é uma maneira de tu te referires ao conteúdo anterior, né?...	
		...
	É, aí tu poderia... Nesses questionamentos tu podias, sempre remetendo à matéria... Gerar questionamentos pros alunos.	

Quadro 34. Protocolo EM_DE_EQ(A). Trechos onde os sujeitos DE e EQ(A) formulam perguntas que relacionem o conteúdo do programa com o dia a dia dos estudantes.

No trecho seguinte, o sujeito DE lista diversos problemas que poderiam ser ofertados aos estudantes.

Uso de situações cotidianas		
Início (m)	DE	EQ(A)
79	Então eu acho que esses exemplos práticos... Conseguindo relacionar com a matéria, nesses questionamentos finais... Pode ser uma boa...	
	E esses questionamentos finais a gente pode exemplificar e perguntar depois... Fazer vídeos, e perguntar depois.	Sim
	A gente consegue um vídeo de Marte, a gente consegue um vídeo de sorrisal, a gente consegue um vídeo dum gelo... Daqui a pouco... Porque a cerveja fica a -6°? Num freezer “x”, sabe?	Ai que tá [interrompido]
	Pegar esses exemplos práticos, mostrar pro aluno um questionamento final, e propor perguntas, relacionadas a essas coisas bem práticas...	

Quadro 35. Protocolo EM_DE_EQ(A). Problemas relacionados ao cotidiano, sugeridos pelo sujeito DE. Ressalta-se que dos exemplos listados (Marte, sorrisal e cerveja), apenas o de Marte não foi sugerido pelo sujeito DE.

Novamente, neste trecho, pode-se ver uma concepção do sujeito DE sobre aprendizagem, relacionada à natureza dos exemplos.

4.3.3.1.3. Caso “Estratégia didática”

O sujeito DE parece possuir uma teoria sobre como o design pode servir de suporte à educação, pois ele tenta integrar as duas áreas. Os quadros seguintes dão a entender que o sujeito DE tem uma visão integrada do projeto, pois as soluções de design propostas usam argumentos que se relacionam com a cognição do estudante. Nos diálogos deste caso pode-se observar:

- a) A estratégia de abordagem do problema, nos quadros 36 e 37.
- b) A suposição de que a visualização auxilia na memorização, no quadro 38.
- c) O conteúdo deve ser apresentado de forma linear, “sem pulos”, no quadro 39.

Estratégia: mostrar pré-requisitos antes		
Início (m)	DE	EQ(A)
27	É, tentar sempre fazer a mesa estratégia: mostrar, conceituar, ilustrar, representar e exemplificar.	Sim
	Então tu estarias adotando essa mesma estratégia geral, e em subtelas.	Sim

Quadro 36. Protocolo EM_DE_EQ(A). Sujeito DE coloca sua estratégia didática, e delinea como ela pode ser suportada pela estrutura.

Estratégia: mostrar pré-requisitos antes		
Início (m)	DE	EQ(A)
39	Só uma coisa... Senti falta... A gente tinha que apresentar antes... Como é em seqüência... Como é em água, dizer as propriedades da água... Solvente universal... parará-parará...	
	Não?	
	...	
58	É, mas eu acho que dar um... Eu sempre sou da teoria que tu dá o conceito e depois pergunta... Onde estaria dado este conceito soluto solvente? A gente não planejou ainda em nenhuma dessas telas... A gente tem que deixar claro onde estará isso ai... Ou fazer uma tela intermediária entre a tela de exemplo inicial e espaço vazio...	Sim...
	...	
68	Ta, mas eu acho que tu não podes misturar esse conteúdo das unidades de medida com essas explicações... Eu faria outra tela... Que teria aquele mesmo mote ali... Teria o mesmo layout...	
	...	
79	A gente sempre pegou a coisa mais difícil de entender assim... Ou mais...	

Quadro 37. Protocolo SA_DE_EQ(A). Sujeito DE prefere “mostrar antes” os conceitos pré-requisito. Mesmo que ele não saiba enumerar quais são, não se furta à tarefa de questionar se isto está sendo feito.

Nestes dois quadros pode-se ver que o sujeito DE tem idéias consolidadas a respeito de aprendizagem. Isto reforça a importância dos designers conhecerem diferentes teorias sobre este assunto, pois poderiam estruturar de forma mais eficiente os projetos.

Formas de apresentação do conteúdo		
Início (m)	DE	EQ(A)
55	É... Daqui a pouco tu... Tu tens essas inter-relações, mostrando graficamente... Para o aluno, é uma coisa que eu acho que grava bastante.	Sim
...		
76	É uma coisa bem gráfica... Tanto em vídeo relacionando ao... Vídeo relacionando aos modelos representacionais... Eu acho que é... Eu acho que seria uma forma de fixar bem gráfico o conteúdo...	

Quadro 38. Protocolo EM_DE_EQ(A). Trechos no qual o sujeito DE declara a importância da visualização para a memorização.

A crença do sujeito DE que “vídeos relacionados aos modelos representacionais” auxiliariam os estudantes a compreender o conteúdo tem fundamentação científica. Kozma e Russell (1997) concluíram que a habilidade de traduzir representações (animações, fórmulas numéricas e moleculares, modelos de representação) umas nas outras é condição para expertise em química. Gabel (1993) fala da necessidade de representar fenômenos relacionados à química nos três níveis de representação: microscópico (modelos de representação de átomos), macroscópico (imagens/vídeos do fenômeno) e simbólico (fórmulas e gráficos).

Em relação ao item (c) da lista, “linearidade”, o sujeito DE expõe sua visão sobre a necessidade de o estudante ser exposto ao conteúdo “sem pulos”. O sujeito EQ(A), reconhecendo que é importante se certificar que o estudante passe por todo o conteúdo, sugere que isso seja assegurado propondo uma “questão para resolver”. Esta é uma solução indireta (e elegante) para o problema.

Resolver uma questão no final da apresentação		
Início (m)	DE	EQ(A)
34	Tem... O problema que eu acho nisso é que daqui a pouco o aluno não... Não... Passou pelos conteúdos iniciais e já está pulando para uma próxima etapa sem passar por etapas anteriores.	
	Então eu acho que a gente pode sim fazer esses pulos Mas que obrigue o aluno, a... A ver os tópicos iniciais...	Aí é que está...
		Aí é que está... Agora eu percebi que está faltando realmente uma coisa...
		Se tu quer ver que eles tenham passado...
		Claro, tu podes usar esta estratégia relativamente linear, dizer tu tem que ir por aqui e aprender...
		Mas tem outro jeito... Tu apresentar um problema pra ele resolver

Quadro 39. Protocolo EM_DE_EQ(A). O sujeito EQ(A) concilia o receio do sujeito DE de que os estudantes não vejam todo o conteúdo com a sugestão de incluírem um “problema para resolver”.

Ainda sobre a linearidade da apresentação do conteúdo, parece haver um mal entendido em relação à função dos mapas conceituais – uma ferramenta bastante conhecida por profissionais da educação. O sujeito DE reafirma sua disposição em “guiar os alunos”, e que, se isso não for possível, que o mapa seja “escondido no site”. Ainda no mesmo trecho, o sujeito DE afirma não compreender que papel esta ferramenta poderia desempenhar no artefato.

Linearidade na apresentação dos conteúdos		
Início (m)	DE	EQ(A)
66	Então vou te dar uma sugestão... Esse mapa conceitual, ele num primeiro momento... Ele está ativo... No que o aluno pulou, por exemplo – isso não vai acontecer porque a gente vai tentar guiar ele.	
	Mas tu ter todo... Como se fosse o conteúdo do site, tu ter todo o mapa, e os que ele já visitou estaria preteado, ou... Hachurado.	
	E... Se o aluno tem acesso a isso... Pode ser uma coisa um pouco mais escondida no site... Que... [travado]	
	Não sei se isso aqui colabora pra ele ver o que ele já viu...	

Quadro 40. Protocolo EM_DE_EQ(A). Sujeito DE reafirma sua disposição em “guiar os alunos” através do site. Nos últimos segmentos, parece que ele não compreende a função do mapa conceitual.

Novamente o sujeito DE parece confundir os conceitos apresentados pelo educador com uma “falta de controle”. No entanto, este mal entendido é rapidamente solucionado.

4.3.3.1.4. Caso “Ferramentas colaborativas”

O caso “controle” remete à questão de quem deve ter o controle sobre a publicação de conteúdo: apenas os professores ou todos os usuários? O caso começa quando o sujeito EQ(A) questiona como seriam distribuídos os textos pelo artefato; se haveria um texto de introdução e depois textos mais específicos. Quando ele sugere que os textos possam ter links, o sujeito DE diz que sim, que poderia ser como a “Wikipédia”. O caso termina com um debate sobre o controle da edição do conteúdo: os sujeitos DE prefere que apenas os professores tenham permissão para tanto. O sujeito EQ(A) concorda, dando início, logo em seguida, ao caso do “fórum”. Nos diálogos deste caso pode-se observar:

- a) A sugestão de que apenas os professores possam publicar conteúdo, no quadro 41.

b) Situações de uso do fórum, no quadro 42.

Controle da publicação de conteúdo		
Início (m)	DE	EQ(A)
41	[interrompendo] como se fosse uma Wikipédia, controlado pelo software.	Isso
	Só o professor vai conseguir colocar texto ali... De repente o aluno... A gente cria uma área específica pro aluno...	
		Pois é, mas porque só o professor?
	Ah, porque senão vai acontecer que nem a Wikipédia, né? Qualquer tipo de assunto e daí a quilo fica como uma verdade verdadeira.	Ah
		E, então agora nos chegamos num acordo, num consenso.

Quadro 41. Protocolo EM_DE_EQ(A). O sujeito DE prefere que a publicação de conteúdo seja privilégio dos professores.

O sujeito EQ(A) tem uma orientação teórica que valoriza a colaboração, sugerindo, com sua interrogação (“Pois é, mas porque só o professor?”), que o aluno tenha mais participação no processo de postagem de conteúdo. Quando o consenso é atingido, o sujeito EQ(A) sugere usar um “fórum”, comentando, logo em seguida, que “o aluno ainda está muito passivo nisto”. Neste ponto (ao que parece) há um mal entendido, desta vez em relação ao momento em que este recurso deveria ser oferecido aos estudantes. O sujeito DE concorda com a idéia do fórum, mas sugere que ele seja ofertado no final do programa, para evitar que (a) o estudante tenha acesso a um conteúdo que ainda não foi apresentado no artefato e (b) que os textos do fórum se misturem aos publicados pelos professores. Ao que parece, o sujeito DE pensou que os textos publicados pelos professores pudessem ser editados via fórum. O sujeito EQ(A) desfaz esta percepção do designer, e segue defendendo a idéia do fórum. O sujeito DE aceita e o consenso em torno do fórum é construído.

Ferramentas colaborativas		
Início (m)	DE	EQ(A)
40		Eu pensei em botar também a estrutura de um fórum... Para permitir também a participação do aluno. Porque o aluno aqui ainda está muito passivo nisso.
	E, mas eu, eu... Acho de suma importância isso... Mas num momento final. Num momento que tu explicaste lá, passou pelas transformações. Ou na tela inicial tu tens um link pra eles fazerem as suas dúvidas ou [não deu pra entender]...	
	Mas não misturar isso com conteúdo do professor.	
	Eu acho que e como se fosse um fórum, um blog, um chat, que tu terias uma tela pra eles, mas que eles não teriam acesso em nenhum momento do conteúdo.	
	Certo	Não, não eu não to dizendo que... Tá, vamos dizer assim... Eles não podem editar aqui...
		Mas que junto, nessa tela, por exemplo, do lado, ele tenha a possibilidade de clicar em algum ponto, que te abre uma janela, alguma coisa, que tenha um fórum.
	[interrompendo] bom, está resolvido: num texto em que ele possa interagir. A gente cria um ícone desenha uma interrogação dentro de uma elipse	Por exemplo, é que... [DE começa a falar]
		“pra você o que é...”
	No que ele passa o mouse e esse ícone tá ativo, ali ele pode entrar, ali ele pode discutir ou pode perguntar.	Isso.

Quadro 42. Protocolo EM_DE_EQ(A). Função, localização e uso do fórum.

4.3.3.2. Sobreposição e cruzamento de domínio do educador em química EQ(A).

Os trechos dos subitens seguintes mostram o sujeito EQ(A) debatendo questões que acabam impactando no projeto do artefato. Ainda que ele tente não interferir nas

atividades do designer (“não sei se eu to sendo um pouco determinista com relação a quem vai fazer”), algumas das necessidades pedagógicas por ele detectadas definem a direção do projeto. Os exemplos mostram concepções sobre educação, listadas a seguir.

1. “Restrições ao design impostas pelo conteúdo”
2. “Mapas conceituais”
3. “Ferramentas colaborativas”
4. “Avaliação pelo software ou pelo professor”
5. “Situações cotidianas”

4.3.3.2.1. Caso “Restrições ao design impostas pelo conteúdo”

Estes casos representam restrições que somente o profissional ligado ao domínio poderia impor, pois demandam um conhecimento que o designer não possui. Como os temas escolhidos são bastante “visuais”, há vários exemplos. Um aspecto interessante destes casos é a ocorrência de raciocínio dedutivo por parte dos educadores; algumas vezes a forma como o conteúdo é apresentado é definida por restrições lógicas. Um exemplo é quando o sujeito EQ(A), durante a atividade de “solubilidade em água” desiste de usar sal como exemplo de soluto em água em favor do açúcar, pois as moléculas de sal iriam “virar duas”, o que poderia ser mal interpretado pelos estudantes. A química, com todo conjunto do conhecimento humano, não é facilmente dividida, de forma que os temas têm muitas relações. O que o sujeito EQ(A) tentou fazer foi estabelecer um recorte com base no que havia sido pedido no briefing: tema e público alvo. Nos diálogos deste caso pode-se observar:

1. A importância de compreender o que são modelos, no quadro 43. Este é um tema que dificilmente quem não é educador e químico irá conhecer. Ele é

fundamental para o ensino de química, como ressaltado nas referências aos trabalhos de Kozma e Russel (1997) e Gabel (1993).

2. A quantidade de “bolinhas” [moléculas] na tela da chaleira deve ser constante (quadro 44).
3. Como fazer a diferenciação entre diferentes moléculas, nos quadros 45 e 46, este do protocolo SA_DE_EQ(A). Um aspecto interessante deste quadro é que ele mostra um longo percurso para chegar numa solução para a questão da representação da diferença entre a solubilidade do açúcar na água e no óleo. O modelo de representação deve ser o mesmo, mas este modelo parecia não ser suficiente para representar a diferença entre estas duas situações. Este é mais um exemplo do uso de raciocínio dedutivo pelo sujeito EQ(A).
4. Porque usar açúcar ao invés do sal como soluto, no quadro 47.
5. Porque não usar peixes como indicador da solubilização do oxigênio na água, no quadro 48. Este é mais um exemplo de uso de raciocínio dedutivo como restrição ao projeto do artefato.

Início (m)	DE	Importância dos modelos EQ(A)
27		Que às vezes um dos problemas que tem no ensino é... Dizer que o... Como é que eu posso dizer?
		Bem, isso que tu está vendo, esse desenho, representa realmente a realidade?
		Porque uma coisa que se trabalha na química, e na ciência em geral, são os modelos, isso e uma coisa que passa direto.
	Sim	Porque quando a gente está representando estados físicos, a gente está representando bolinhas.
	Certo	A gente sabe, por exemplo, que a molécula de água não é uma bolinha, é uma estrutura mais complexa A gente representa através de bolinhas porque é o modelo que satisfaz a nossa necessidade.
...		
31	Sei	Existem trabalhos que mostram que [enrolado] o aluno transpõe coisas que são do mundo visual, físico, macroscópico, para as moléculas.
	Ah...	Por exemplo, a molécula de água, acontece de os alunos representarem como se fosse uma gotinha...
	Sim	E não é... Um modelo... Só que... [enrolado]
	Sim	É um problema que se chama obstáculo pedagógico, obstáculo epistemológico
...		
61	Sim	Abre lá tipo um formulário... Aqui está a pergunta blá- blá- blá porque o gelo bóia? E aí, aqui vai ter um texto, um campo pra ele escrever... Justificar... E um lugarzinho pra ele desenhar. ... E um lugarzinho pra ele desenhar.
	Sim	Porque se fosse fazer numa prova pro aluno responder, iria ter um lugar pro aluno escrever e dizer “desenhe se possível...” se possível não, tem que desenhar!
	Isso é possível	Ter, nesse aplicativo, nesse software, a opção de ter um lugar pra desenhar.

Quadro 43. Protocolo EM_DE_EQ(A). Sujeito EQ(A) afirma a importância do uso de modelos na Química e nas Ciências em geral.

No quadro 43 estão relacionados trechos que tratam da justificativa da importância da compreensão do conteúdo de “modelo” para o ensino de química. No diálogo que inicia no 31º minuto, por exemplo, o sujeito EQ(A) dá um exemplo de concepções ingênuas que os estudantes costumam apresentar por transporem propriedades perceptíveis para os modelos. Já no 61º minuto o sujeito EQ(A) demanda que haja um “campo para desenhar” ao responder a pergunta final do artefato, provavelmente por ter ciência das dificuldades encontradas pelos estudantes em traduzir diferentes níveis de representação, e por reconhecer nesta capacidade uma habilidade importante para dominar o assunto em questão.

As concepções ingênuas em relação à transposição de propriedades macroscópicas aos modelos de representação foram chamadas por Mortimer (1995) de “atomismo” ou “substancialismo”. A figura 48 ilustra um caso, retirado de um dos artigos do autor, no qual um estudante desenha que a diferença entre um tubo com ar e um tubo com ar aquecido é o tamanho das moléculas. Desta forma, conclui-se que o estudante acredita que as moléculas mudam de forma.

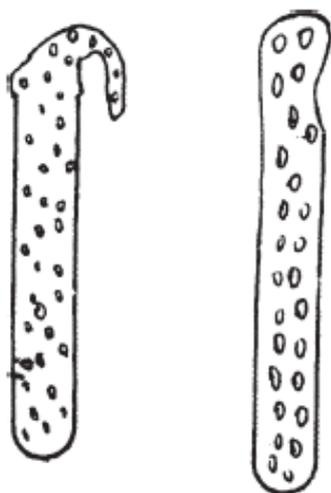


Figura 43. Substancialismo na dilatação do ar. Retirado de Mortimer (1995).

Início (m)	Tela da chaleira	Quantidade de bolinhas deve permanecer constante EQ(A)
36		<p>Só tem uma restrição... Vou ser bem claro agora... Na hora em que for posta, quando for feito...</p> <hr/> <p>Quando tu botas os átomos aqui, tu aumentas a temperatura, o número de átomos aqui tem que ser sempre o mesmo.</p>

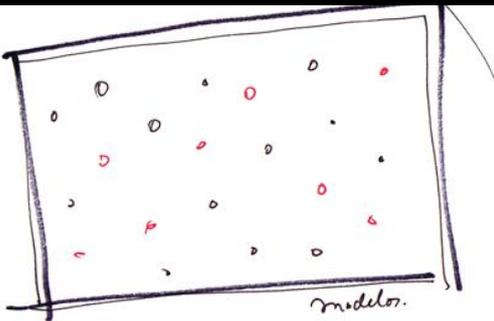
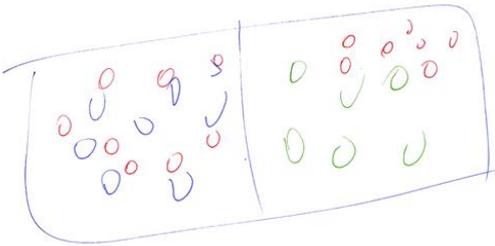
Quadro 44. Protocolo EM_DE_EQ(A). A quantidade de bolinhas na tela da chaleira deve ser constante.

Esta restrição não pode ser rejeitada pelo designer, já que é quase uma imposição técnica. Apesar disso, não é uma intervenção estrutural.

Diferenciação entre transformações físicas e químicas		
Início (m)	DE	EQ(A)
71		Não, aí é que tá... Se bate muito na importância de fazer essa distinção, mas eu particularmente tenho dificuldade de fazer essa diferenciação... Por uma questão simples: tu não podes... Visualmente tu não consegues fazer essa diferenciação... <hr/> Por exemplo, o sonrisal... Visualmente, tu poderia dizer que é um processo... Se tu diminuir a pressão de um líquido, ele vai se comportar igualzinho a um líquido com sonrisal... Ele vai começar a borbulhar e ter todo aquele processo.

Quadro 45. Protocolo EM_DE_EQ(A). Sujeito EQ(A) tenta descobrir uma forma de representar a diferença entre transformações físicas e químicas.

Esta também é uma intervenção do sujeito EQ(A0) que não pode ser rejeitada: é preciso encontrar uma forma de diferenciar transformações físicas e químicas. Mas também não é uma intervenção estrutural.

Diferenciação entre diferentes moléculas		
Início (m)	DE	EQ(A)
39		 <p>Tá, agente vai usar as bolinhas de cores diferentes, né? Tipicamente a bolinha azul representando água... Alguma coisa dessa ordem...</p>
47		<p>...</p> <p>Aqui, só que agora com uma diferença... Daí eu estou tentando agora imaginar, como a gente poderia representar que a molécula... A estrutura de água interage com...</p> <p>...</p> <p>Justamente teria que ter uma forma...</p> <p>Isso não é visível? Não é visível... É representacional... Totalmente representacional...</p> <p>E uma propriedade da própria substância... ... Da molécula...</p>
		 <p>Então por exemplo, se a gente representa a água assim, bolinha... E o nosso açúcar é uma bolinha vermelha... E a gente representar a bolinha de azeite verde...</p> <p>Então vamos botar aqui... Água, açúcar... E aqui o azeite... O óleo... Qualquer óleo</p> <p>A questão é que... Estou tentando imaginar como representar</p>
		<p>Isso aqui se liga com isso, mas isso aqui não se liga com isso...</p>

	É... Esse não se liga nem com esse nem com esse... Praticamente...
Então aí a gente vai ter que gerar um modelo pra representar isso aí...	...Pra representar isso aí...
	E aí retoma essa representação... E agora estou tentando realmente imaginar isso... Como representar essa... Dessa forma, né? Com o óleo?
	É que elas não interagem... Elas... Como e que isso poderia ser representado?
	...
50	E agora falando em... Encontrei a solução de como representar também a questão da diferença entre a água [e o óleo]
	Ah tá, claro!
Ele vai ver que praticamente o modelo é o mesmo... Mas quando entrar o elemento açúcar, aqui vai ter um... Fenômeno, e aqui [no óleo] vai ter representado outro fenômeno...	Isso...
Certo...	Aqui vão se distribuir... E vão ficar próximas... Tem que fazer de tal forma que as bolinhas de açúcar fiquem próximas das bolinhas de água...
	E aqui o que vai acontecer? As bolinhas de açúcar vão entrar, só que o que vai acontecer? Elas vão ficar estáveis ali... E elas vão ficar próximas entre si...
	... As bolinhas vão entrar... Isso... Elas vão ocupar esse espaço vazio...

Quadro 46. Protocolo SA_DE_EQ(A). O longo percurso feito pelo sujeito EQ(A) na segunda parte deste quadro mostra como ele tenta resolver o problema da representação do fenômeno da solubilização do açúcar em dois diferentes solventes: água e óleo. Interessante notar que ele pensa em utilizar a sinalização de cargas (positivo e negativo), o que mais tarde é abandonado. Também cumpre ressaltar que o sujeito DE não se furta de tentar compreender os aspectos químicos do problema nem de ajudar a encontrar uma solução.

Este trecho apresenta um problema similar ao enfrentado na sessão anterior pelo sujeito EQ(A). Novamente, não é uma intervenção estrutural.

Início (m)	DE	Uso do açúcar ao invés do sal de cozinha como soluto EQ(A)
43		Ate no lugar de sal... Eu recomendo botar... Eu falei sal aqui...
	É?	Vamos evitar um problema futuro... Vamos botar açúcar... Pode parecer pouca coisa, mas com certeza da um problema...
		Açúcar é o mais tranqüilo... Porque tanto o sal quanto o açúcar são solúveis, mas o sal na água ele sofre uma dissociação... Aí tem dois íons... Aí tu vai representar isso... Então... Vamos manter o açúcar como estrutura que...
	É, também acho que e mais visível... O sal não tem esse problema da visibilidade do evento?	Não
	É igual?	Sim... Ate a solubilidade talvez até seja um pouco menor
		O problema e que se o professor vai trabalhar, por exemplo, modelo iônico... Aí pensando no contexto do que ele vai trabalhar adiante... Vai usar a mesma representação... A mesma bolinha de sal que na água era uma vira duas... Daí tu cria um problema serio lá adiante...

Quadro 47. Protocolo SA_DE_EQ(A). Este trecho mostra a argumentação utilizada pelo sujeito EQ(A) para justificar sua escolha do uso do açúcar ao invés do sal. Ressalta-se que o sal havia sido eleito como o exemplo de soluto sólido em água logo no início da sessão.

Início (m)	DE	Porque não usar peixes como indicadores de solubilização de oxigênio EQ(A)
43		Eu não sei até que ponto esta simulação está certa... Essa é a minha preocupação agora...
		Porque seria mais fácil nosso peixe morrer pelo calor que pela falta de oxigênio...

Quadro 48. Protocolo SA_DE_EQ(A). Este trecho mostra a argumentação utilizada pelo sujeito EQ(A) para justificar a troca do uso de peixes como indicadores de solubilização do oxigênio na água. O raciocínio evolui para o uso de plantas e termina com a escolha dos corais.

4.3.3.2.2. Caso “Mapas conceituais”

Além de demonstrar utilizar seu conhecimento sobre obstáculos específicos ao aprendizado de química, o sujeito EQ(A) também utiliza ferramentas próprias de educadores. Ele, assim como o sujeito DE, busca integrar seus conhecimentos sobre química e educação com o design. É o que se depreende no trecho a seguir, quando ele

sugere a utilização dos mapas conceituais e dá um exemplo de como eles poderiam ser integrados na estrutura do programa. Nos diálogos deste caso pode-se observar:

- a) Como os mapas conceituais, além de ser um auxílio à navegação, podem permitir que o estudante veja as relações entre os conceitos estudados, no quadro 49.

Início (m)	DE	Uso de mapas conceituais EQ(A)
65		Então eu tenho mais uma sugestão, que dá pra fazer, que é uma coisa muito boa... Pelo menos eu gosto desses...
	[eco] mapas conceituais...	Que são os... Como é que se chama... Os mapas conceituais.
	Certo	Quê acontece? Assim, tem uma das questões que acaba se tornando importante... Bem importante, mas mais do que isso, ter uma idéia da sistematização, como são enquadrados esses conceitos.
		[...]
	Certo, certo.	À medida que o aluno for... Isso aqui... Está pro aluno poder visualizar... Ter esta estrutura de conceitos... Conceitos associados... Também isso ir abrindo à medida que ele vai navegando.

Quadro 49. Protocolo EM_DE_EQ(A). Sujeito EQ(A) sugere o emprego de mapas conceituais.

4.3.3.2.3. Caso “Ferramentas colaborativas”

Os trechos deste item são relacionados à importância de ter um fórum (partes deste debate foram apresentadas na seção 4.2.3.1.3, referente ao designer DE) e arquivos de log. O sujeito EQ(A) afirma que esta é “uma das estratégias que está sendo usada lá na química geral, na universidade da química”, e que ele permite verificar se “houve evolução conceitual ou não do aluno”. Nos diálogos deste caso pode-se observar:

- b) Como um fórum pode ser uma forma de verificar se houve evolução conceitual, no quadro 50.

Uso de fóruns para verificar evolução conceitual		
Início (m)	DE	EQ(A)
41		Porque uma das estratégias que está sendo usada lá na química geral, na universidade da química...
	Sim	É justamente antes de começar a discutir uma disciplina, de discutir um conceito de química geral, e ter um fórum, onde o professor coloca lá: pra você, o que é... No caso aqui seria estado da matéria
		Um fórum pra permitir... Tu perceber se justamente houve evolução conceitual ou não do aluno

Quadro 50. Protocolo EM_DE_EQ(A). Motivo para uso de fórum: visualizar se houve evolução conceitual.

Seguindo com o argumento da “evolução conceitual”, o sujeito EQ(A) fala em logs, que permitiriam acompanhar a navegação do estudante.

Arquivos log		
Início (m)	DE	EQ(A)
42		Pra tu ter uma idéia se teve evolução conceitual, um progresso – progresso não – teve um desenvolvimento cognitivo desta ordem.
		Então, aí que está, aí tu colocou... Ver o que os alunos colocaram [enrolado]
		A importância, ai, que me veio à mente, de tu consegui observar, não digo controlar, mas ver a navegação que o aluno fez entre esses conceitos.
	Sim	Dai a importância de ter um arquivo log que eles chamam né, que te registre onde é que ele foi. Por exemplo, “ele foi em estados da matéria e saltou foi lá pra não sei aonde”...

Quadro 51. Protocolo EM_DE_EQ(A). Arquivos de log são uma forma de rastrear o percurso dos estudantes dentro do artefato.

4.3.3.2.4. Caso “Avaliação pelo software ou pelo professor”

Este caso mostra uma situação relacionada ao processo de avaliação, que mostra desconhecimento por parte do sujeito DE da relevância deste tema para o sujeito EQ(A). Este trecho se refere a um debate sobre uma tela de “exercícios de fixação”, que, por sugestão do sujeito DE, seria avaliada pelo software. O sujeito EQ(A) argumenta que desta forma o estudante poderia enganar o programa, aplicando uma estratégia de tentativa e erro, ao que o sujeito DE oferece uma forma de evitar que isto aconteça. Ao final, o sujeito EQ(A) questiona sobre o “papel do professor”, e sua reação (forte) chega a provocar risos em ambos. Nos diálogos deste caso pode-se observar:

- c) Que o sujeito EQ(A) não abre mão da tarefa de avaliar a correção dos exercícios, porque isso é “papel do professor”, no quadro 52.

Avaliação é papel do professor, não do artefato	
Início (m)	DE EQ(A)
47	E o próprio software vai dizer ou não... Gera um problema pro aluno
	Tá, mas como é... Quer dizer o software vai dizer se o aluno entendeu ou não?
	É, na própria associação...
	Tipo, se ele faz a associação errada...
	Ele vai dizer: não, não é essa associação
	Tá, mas aí por tentativa e erro ele pode acertar...
	Por tentativa e erro ele pode acertar... Esse é o problema... Porque na verdade se tu ficar chutando, tu tens também a chance [interrompido]
	Não, mas o próprio software pode dizer: errou duas vezes, encaminha ele pro conteúdo... Não aprendeu o negócio, então aprende de novo.
	Mas daí... Ahn... Tá, e o papel do professor sumiu!
	O papel do professor está em agrupar esse conteúdo aí e dizer pra ele: olha meu, vai de novo na tela três [fala rindo]
	[Fala rindo] Mas é papel do professor esse negócio!

Quadro 52. Protocolo EM_DE_EQ(A). Papel do professor na avaliação da correção dos exercícios.

4.3.3.3. Sobreposição de domínio designer inexperienced (DI)

Não foram encontrados casos que configurassem sobreposição de domínio para o sujeito DI. As causas provavelmente estão ligadas ao fato de ele (1) ter falado comparativamente menos que seu colega e (2) ter buscado “brifar” seu colega, ouvindo e anotando o que ele dizia.

4.3.3.4. Sobreposição de domínio do educador em química EQ(B)

O sujeito EQ(B) interferiu pouco na construção visual do artefato. Logo no início ele passa o controle destas atividades e do processo para o sujeito DI, o que está ilustrado na

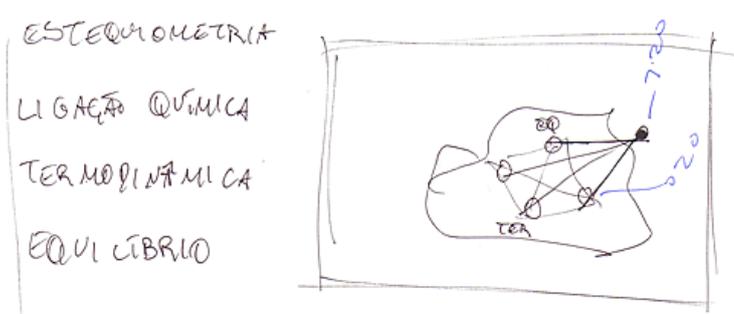
frase “Como é que tu preferes fazer? Tu preferes debater a idéia antes ou... Trocar uma figurinha antes?”³⁷, dita logo no início da sessão EM. No entanto, devido à sua compreensão sofisticada sobre ensino em química e a um conhecimento teórico bastante rico, ele fez sugestões que poderiam ter resultado em abordagens criativas ao projeto. Estas sugestões estão ilustradas nos quadros 53 a 56.

Início (m)	DI	Solubilizar; solucionar; fazer desaparecer EQ(B)
21		Agora eu vou entrar num caminho que eu adoro...
		Como eu fiz química e eu gosto de palavras, eu adoro discutir as coisas que tem significados muito grandes... Porque às vezes escapa
		Como eu ainda fiz doutorado em psicologia eu adoro discutir alguma coisa assim nesse sentido...
		Mas tu queres ver assim, ó: a expressão “solução” está muito associada a idéias de, por exemplo, a resolução de problemas, né? Resolver um problema... Tu vai solver um problema, vai solucionar o problema...
		Eu vou fazer... Desculpa abrir o parêntese que talvez possa ser interessante...
	Pode até, como a gente fez ontem, entrar num dado de curiosidade, né?	
		Mas veja assim, do ponto de vista psicológico, pode parecer para muitas pessoas que tu resolver um problema – e vamos dizer que esses problemas seja um problema da tua infância, da tua vida, daquela coisa lá – é fazer o problema desaparecer... Resolver o problema é quando o problema desaparecer, não estiver mais ali na minha cabeça... Sumiu... Deixar de existir... Escafeder, pum!
	Transforma em vários problemas diminuídos...	
		Pois é... Então a idéia, boa parte, que a gente pode usar uma metáfora e que, da questão química para interpretar um fenómeno psicológico, é que solucionar o seu problema é desagregar ele, separar em pequenos pedaços constituintes, pra fazer com que eles juntos não sejam cristalizados e não incomodem... Totalmente separados, dispersos...

Quadro 53. Protocolo SA_DI_EQ(B). Sujeito EQ(B) sugere que uma forma de abordar o tema é a construção de uma metáfora entre “solucionar” e “solubilizar”.

³⁷ Ver quadro 28, neste capítulo.

Esta proposta não foi explorada pelo sujeito D1, talvez porque ele tenha se proposto, como mencionado anteriormente, obter conhecimento acerca do problema antes de projetar. Também não foram feitas anotações a respeito desta idéia.

Início (m)	DI	Mapa de conceitos centrais EQ(B)
41		<p>Agora, teve um exercício que foi muito interessante, que a gente convidou os professores de química lá do... Do instituto de química pra fazer alguns anos atrás, era dizer o seguinte pra eles...</p> <p>A gente chegou assim pros professores de química geral... Olha só, imagina que nós somos uma editora de livros... Uma editora...</p> <p>[esta desenhando a interface na f4] E nós queremos fazer, ano um livro, mas um material didático computacional...</p> <p>E esse material didático computacional vai ser numa forma de tal... E que essa forma de tal possibilite você a fazer uma orientação temática dos tópicos...</p> <p>Que essa orientação temática dos tópicos ela não precise seguir a estrutura linear de um livro... Ela possa ser uma estrutura em rede... Poli-hierarquizada.</p>
43		<p>...</p> <p>Bom, isso a gente fez porque a gente queria ver, na opinião dos químicos, quais eram os conceitos centrais... Porque tu sabendo os conceitos centrais, tu consegues saber, nessa poli-hierarquia pra onde e que se deslocam os conceitos.</p> <p>E alguns conceitos são mais centrais que outros, eles são mais importantes para desenvolver a explicação.</p> <p>Então assim quais são os conceitos centrais que a gente trabalha em química?</p> <p>A gente trabalha em química com os conceitos centrais, então, por exemplo, a questão da ligação química, é um conceito central [escreve na f3]</p> <p>Outro conceito central é a questão da termodinâmica... [escreve na f3]</p> <p>Outro conceito central é equilíbrio [escreve na f3]</p> <p>E tem um conceito que foi considerado pelos professores central, que envolve a quantificação de química, que é a estequiometria [escreve na f3]</p>
		
		<p>Então soa os quatro conceitos mais agregadores de onde tu podes... Tu podes, por exemplo, dizer que é desse núcleo duro que eu vou desenvolver a poli... Hierarquia...</p>

Vai fazer a rede
atrás.

A rede atrás que vai... Então, como esse tema aqui, da solubilidade em água, ele não é um conceito central, ele é um conceito lateral...

Quadro 54. Protocolo SA_DI_EQ(B). Sujeito EQ(B) descreve uma atividade feita com seus colegas do instituto de química.

Este quadro mostra outra idéia que tem potencial de estruturar o artefato: construir um mapa de conceitos centrais, aos quais os “conceitos laterais” se ligam. Mais tarde, o sujeito EQ(B) ainda irá sugerir que esta ligação entre os conceitos centrais e laterais poderia ser expressa através da distância relativa (pois um conceito lateral pode estar ligado à mais de um conceito central, com diferentes níveis de importância). Esta idéia foi explorada pelo sujeito DI e aparece na figura 44.

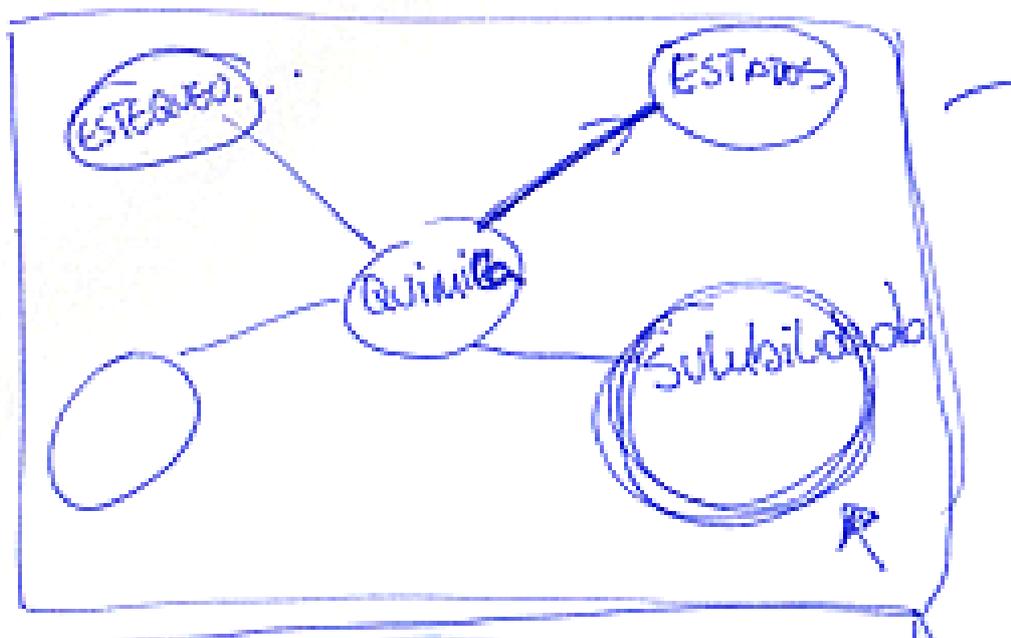
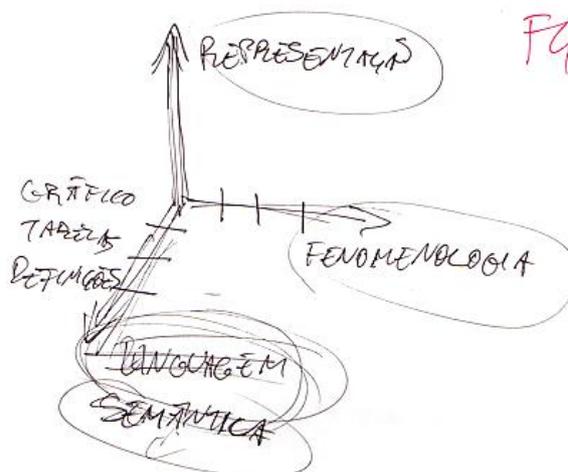


Figura 44. Parte da folha que contém um sketch do mapa de conceitos em química, feito pelo sujeito DI.

Fenomenologia		
Início (m)	DI	EQ(B)
68		Bom, tu já estás falando fenômeno... Dá pra pensar uma estrutura, ate com termos né...
	[risca a palavra fenômeno]	Tem um autor de química, bastante legal, um autor mexicano, onde ele apresenta fenômenos... O termo inclusive que ele usa e fenomenologia...
	[está fazendo um box, provavelmente sobre fenomenologia e vídeos]	E ele fala... Eu não vou me lembrar os três termos dele... Mas até no livro ele descreve... Ele usa um papel assim de um... Triangulo né [começa a riscar na f4]
		São três pólos... Né, como eu falei, aquela coisa macroscópica e bababa...



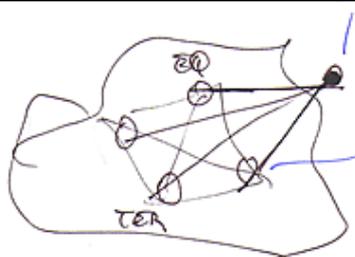
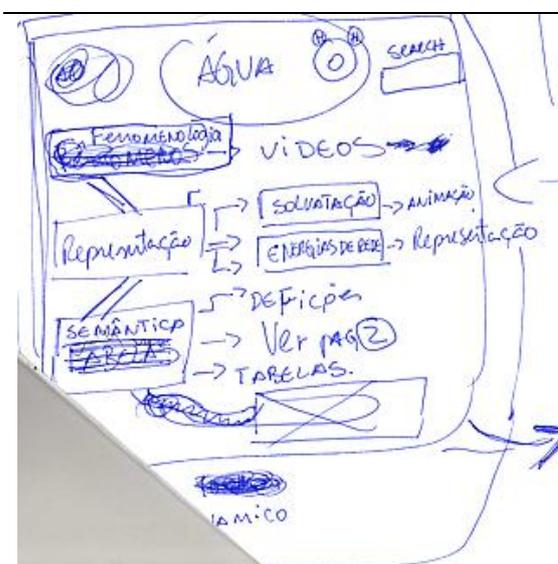
70		[apontando para a f4] a fenomenologia ele vai ver o vídeo...
	[apontando para a palavra na f4 do sujeito EQ(B)] que e o macro	
	[escreve animação e solvatação]	É, que é o macro... A representação vai ser por exemplo o microscópico dos micros... Que vai envolver lá animação da solvatação... As imagens da energia de rede... A volumosidade dos cátions e dos anions... [mostrando nas folhas deles esses tópicos da discussão]
	As tabelas de dados	E a linguagem vai envolver, por exemplo, nesse momento aqui que a gente esta colocando...
	[escreve tabelas e faz um box]	É, as tabelas de dados... Então essas seriam três componentes que a ele sempre poderia mais ou menos acessar... Disso...

Quadro 55. Protocolo SA_DI_EQ(B). Sujeito EQ(B) traz uma referência de um autor (Anthony Garritz) que trata o ensino de química de forma diferente do usual.

Esta é a terceira e última idéia que o sujeito EQ(B) traz para a sessão que tem o potencial de ser utilizada como forma de estruturar o artefato. Nessa sugestão, ele propõe

não uma forma de navegação, mas uma forma de pensar o ensino de química, já que todos os conceitos poderiam ser articulados nestes “níveis”. Nos diálogos do quadro acima, percebe-se que ele faz a ligação desta forma de apresentar os conceitos em química com os níveis de representação macroscópico, submicroscópico e simbólico (linguagem), e que o sujeito DI acompanha o raciocínio (ele completa as frases do educador). Esta sugestão do educador é aceita pelo sujeito DI, que a incorpora em seus desenhos. Todavia, o sujeito EQ(B) critica a forma como o designer traduziu sua idéia, dizendo que ela está muito “hierarquizada”, como mostra o diálogo do quadro 56.

Hierarquização		
Início (m)	DI EQ(B)	
72	<p>Aqui e solvatação e daí... Representação... E explicação da energia de rede e na representação também...</p> <p>[escreve na f5]</p>	<p>E na representação também... E aí tu tens algumas animações que pode fazer né... Animações.</p>
	<p>Ah, huh... Veja que quando tu fazes aqui [aponta para f5 do sujeito DI] tu estás fazendo uma hierarquização, né? O cara [A. Garritz] ele sempre propõe não fazer hierarquização, né?</p>	
	<p>Tudo...</p>	
	<p>É, faz ó... Nesse sentido aqui... Aqui quando tu pega essa parte inicial ele não está hierárquico [mapa da f3 do sujeito EQ(B)]</p>	



Quadro 56. Protocolo SA_DI_EQ(B). Sujeito EQ(B) critica a forma como o sujeito DI traduziu a idéia.

Além de ter dado sugestões que permitiriam uma abordagem que fugisse do padrão “web site” seguido pelos dois designers, o sujeito EQ(B) ainda ajuda o sujeito DI com questões que “pertencem” ao design, marcadamente acerca de design de interação. Ressalta-se que, à época, o sujeito DI não tinha experiência com projetos digitais, ao passo que o sujeito EQ(B) já havia liderado equipes de desenvolvimento de seis artefatos educacionais digitais. Desta forma, ainda que não seja um designer, pode ser que o sujeito EQ(B) tenha mais experiência de projeto digital que o sujeito DI. É esta a explicação que se dá para diálogos como os mostrados no quadro 57.

Design de interação da tabela de critérios para solubilidade		
Início (m)	DI	EQ(B)
34		O que eu acho é que pode fazer o seguinte: normalmente quando a tabela é apresentada num livro, ela é apresentada numa maneira diagramada feita pelo autor... E ele diagramou isso de alguma maneira...
		Com recurso de informática, tu podes fazer a tabela que o aluno verifica como quiser... A questão de apresentação desses dados tabelados, que são importantes pro aluno interpretar, eu acho que eles... Deve ter a possibilidade de montar a tabela como ele quiser...
	[escreve montar a tabela como quiser]	Então por exemplo, ele pode montar a tabela através de uma ordem crescente ou decrescente de valor... Do valor do quê? Do produto de solubilidade...

Quadro 57. Protocolo SA_DI_EQ(B). Sujeito EQ(B) descreve a interação que deve ser necessária na tabela.

A tabela referida pelo sujeito EQ(B) – e sugerida por ele – tem a função de apresentar critérios que possam ajudar o estudante a descobrir se um determinado soluto pode ser solubilizado em água. Estes critérios podem ser volume molecular, raio iônico, constante de solubilidade, íons do soluto etc. Dependendo do caso, um critério pode ser mais importante que outro, e por isso, a tabela deve permitir que o estudante ordene os critérios como desejar. Mais tarde o sujeito EQ(B) sugere que a tabela seja construída pelo estudante a partir de uma lista de critérios. Estes são dois raciocínios relacionados à design de interação.

4.4. EVIDÊNCIAS DE APRENDIZAGEM DOS PROJETISTAS.

Um dos aspectos mais interessantes desta pesquisa foi o fato de se ter percebido aprendizagem dos designers entre as duas sessões. Este fato foi marcante principalmente para o sujeito DE, que procurou modificar o processo na segunda sessão. Também se pode notar aproveitamento de estratégias que funcionaram. Serão utilizadas três formas para mostrar estes resultados: a exposição de trechos, como nas sessões anteriores; os sketches de cada sessão e uma linkografia cruzada, onde se poderão ver os links feitos com a sessão anterior de cada uma das duplas.

4.4.1. Evidências de aprendizagem da dupla DE_EQ(A).

Em primeiro lugar serão mostrados dois trechos de diálogos da sessão para o artefato com tema “solubilidade em água”, onde o sujeito DE refere-se às mudanças na estratégia de projeto. Ele utiliza a experiência adquirida com o projeto anterior para pautar o projeto atual. Os trechos estão listados abaixo, e neles se observa:

- a) A sugestão, do sujeito DE, de usar uma estratégia diferente para abordar o problema, logo no início da sessão “solubilidade em água”, no quadro 58.
- b) Uso de conceitos e ferramentas criados na sessão de estados da matéria, pelos sujeitos DE e EQ(A), no quadro 59.

Início (m)	Uso de outra estratégia para abordar o artefato sobre solubilidade DE	EQ(A)
8	Eu acho que nós vamos fazer uma engenharia reversa hoje... Vamos ver o conteúdo , porque ontem a gente saiu feito uns malucos e...	É... Exatamente...

Quadro 58. Protocolo SA_DE_EQ(A). Sujeito DE sugere usar uma estratégia diferente da usada no artefato para estados da matéria.

Aproveitamento da estrutura usada no projeto anterior		
Início (m)	DE	EQ(A)
25		Ou seja: para explicar essa coisa que a gente está vendo, a gente usa esse modelo aqui... Modelo de interação, vamos dizer assim...
		Então, modelo, a gente aqui tem isso... Basicamente é um raciocínio semelhante aquele que a gente usou da última vez
	É, tava imaginando mais ou menos a mesma coisa, a mesma estrutura...	
		A mesma estrutura... Então a gente tem: solubilidade em água, daí a gente tem a questão do espaço vazio...
		Então, seguindo o mesmo raciocínio que a gente usou ontem, quando a gente montou um organograma...
		Vamos lá... Como é que a gente poderia fazer isso...
	Seguinte, vamos manter a tela inicial	Tela inicial...
	Só que agora, como a gente tinha os três estados... Que a gente já partia dos três estados e uma tela...	
	Acho que agora a gente vai ter que trabalhar com esse... De repente com um só, ou dois...	
	Pra mostrar essa interação...	
		Não, a gente pode usar os três!
		Olha só: eu peguei três exemplos: sal em água, álcool em água e gás em água... São os três estados físicos...
	Bom, vamos manter a mesma estrutura... Já ganhamos [risos]	[risos] Manter a mesma estrutura...
		A mania das tríades [risos]
	Ao invés de ter o sólido líquido e gasoso, vão ser exemplos de solubilidade nesses três estados...	
	...	
88	Tá, já foi esse esquema da temperatura... E agora, vamos pro questionamento?	
		Vamos pro questionamento...
	[rindo]	[rindo]
	Vai dar a mesma quantidade de tela do estado da matéria...	[rindo]
		Criamos um paradigma, praticamente...
	Já criamos uma estrutura, já...	[rindo] é...

Quadro 59. Protocolo SA_DE_EQ(A). Aproveitamento da estrutura usada no projeto anterior

No quadro 59, pode-se ver que ambos tiram proveito da estrutura montada no experimento anterior: o sujeito EQ(A) sugere apoiar a explicação no conceito de modelos; o sujeito DE sugere usar a estrutura de árvore. Do ponto de vista didático, o sujeito EQ(A)

sugere usar a água (tema gerador do exercício anterior) e o tópico “estados da matéria” para explicar o tópico “solubilidade”. No segundo trecho deste mesmo quadro (iniciado no 88º minuto), tanto o sujeito DE quando o EQ(A) referem-se à estrutura produzida, que na opinião deles ficou bastante semelhante, com a apresentação dos conteúdos (com uma quantidade igual de telas) seguida pela colocação de uma pergunta para responder. Estes trechos são particularmente ricos, pois mostram uma série de decisões sendo tomadas relativamente cedo (aos 25 minutos de uma sessão com quase duas horas), todas em função de práticas conduzidas na sessão anterior de projeto. Duas decisões críticas foram tomadas: (1) usar a mesma estrutura de árvore e (2) usar a água e o tópico “estado da matéria” para explicar solubilidade. Estes trechos apontam para o aproveitamento da estrutura criada na sessão anterior – tanto do ponto de vista de layout como do ponto de vista didático. A “árvore de tópicos”, materializada em um artefato similar a um web site, mostra os tópicos numa seqüência lógica, porém com possibilidade de navegar entre os que já foram estudados. Do ponto de vista pedagógico, os modelos de representação (as “bolinhas”) ganham destaque mais uma vez, sendo a base para os dois artefatos. Além disso, ambos têm a mesma orientação didática: explicar, exemplificar e questionar – sempre com elementos retirados do “mundo real”.

Trazendo novamente as imagens mostradas no início deste capítulo (figura 45), pode-se mesmo notar o aumento do tempo dedicado às etapas de refinamento e detalhamento na sessão SA. Considera-se que este conjunto forma um indício de que houve aprendizagem entre as sessões, para o sujeito DE.

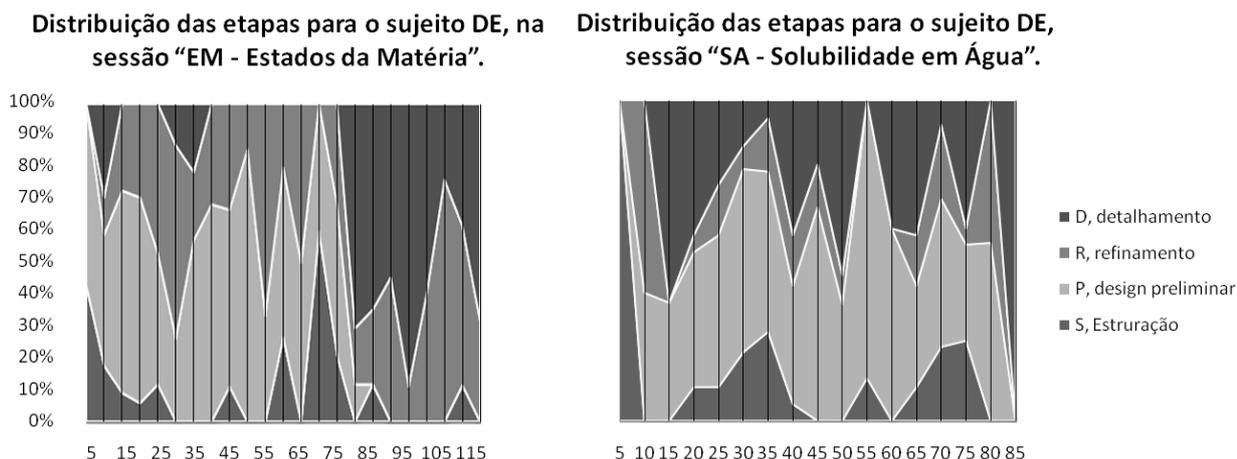


Figura 45. Distribuição das etapas para o sujeito DE, nas sessões “EM - Estados da Matéria” (esquerda) e “SA-Solubilidade em Água” (direita).

Na figura 45 à esquerda, pode-se ver que há ocorrências relacionadas ao detalhamento e ao refinamento desde o início da sessão. Analisando coluna por coluna nestes gráficos, pode-se ver que, na maioria delas, encontra-se um esquema com pouco tempo na etapa de estruturação, bastante na de design preliminar, e média quantidades de tempo nas etapas refinamento e detalhamento. Isto também reforça a impressão de que o sujeito DE tratou os problemas de forma vertical: ao encontrar um problema, ele foi resolvido em detalhes. Como referido anteriormente, este não é um comportamento reportado na literatura como padrão para atividades de projeto – espera-se que o designer resolva problemas de forma horizontal, sem se comprometer com soluções. Acredita-se que duas características do artefato solicitado no briefing possam ter contribuído com este comportamento: (1) associação, pelo sujeito DE, com web design, o que o teria levado a adotar uma estrutura de páginas e (2) a integração dos tópicos como uma seqüência de conteúdos, como num livro didático. Uma analogia entre “páginas” de um web site e “páginas” de um livro didático poderia explicar a forma como o sujeito DE abordou o projeto. Logo no início da sessão EM, ele define a estrutura como um “organograma”, e permanece, durante o restante da sessão, verificando como cada tópico poderia ser apresentado e incluindo-o no “organograma” (figura 46).

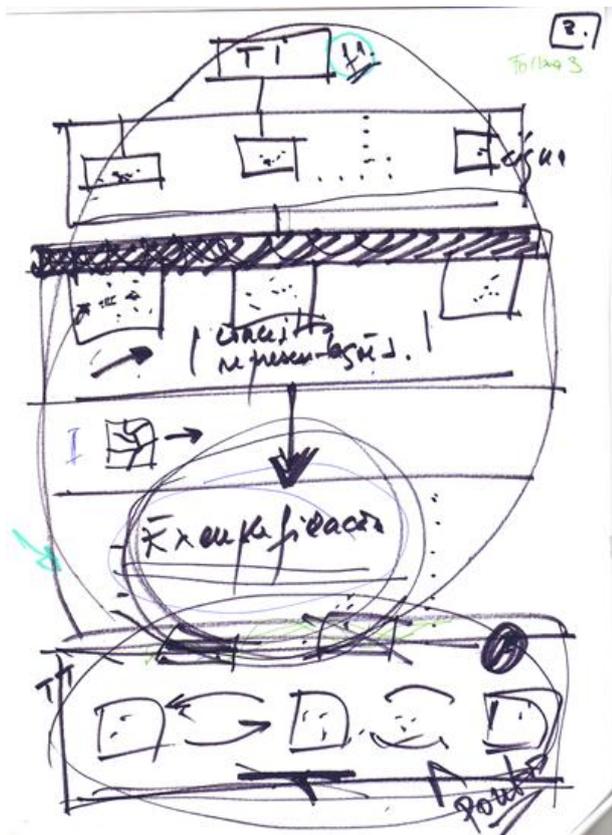


Figura 46. O “organograma” desenhado pelo sujeito DE logo no início da sessão EM. Os tópicos seriam incluídos nesta árvore.

Ressalta-se que nenhum dos educadores tem uma visão compartimentalizada do ensino de química; ambos sugerem que no artefato sejam feitas menções às aplicações da química na vida real e a outros tópicos (como densidade, termodinâmica e cinética). Além disso, ambos ressaltam o papel da importância da compreensão das representações do nível microscópico como mediador das interpretações dos fenômenos percebidos, e que esta falta de compreensão dos fenômenos a nível microscópico está na raiz de teorias implícitas dos estudantes. Com estas observações não se deseja emitir um julgamento sobre a produção de nenhuma dos designers, apenas pontuar que os educadores abriram portas para outras formas de abordar o problema. Todavia, como a solução do “organograma” funcionou para o sujeito DE na primeira sessão, ele a repetiu na segunda sessão (figura 47).

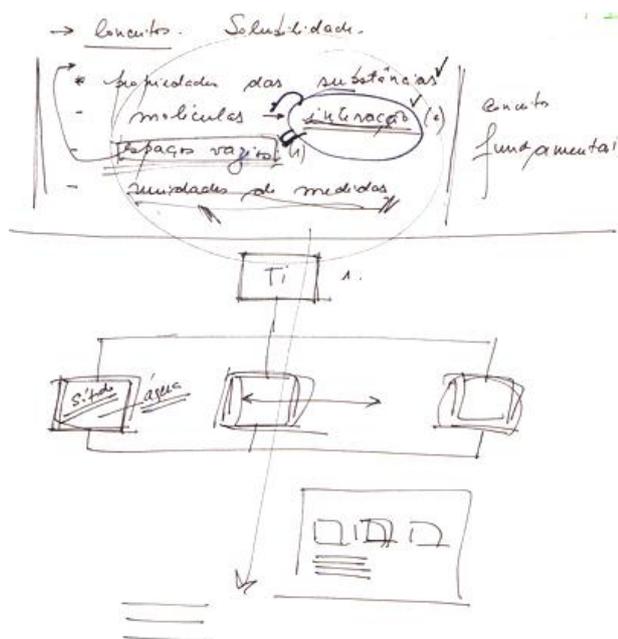


Figura 47. O “organograma” feito pelo sujeito DE na segunda sessão.

Um aspecto interessante a ressaltar, nos desenhos das figuras 45 e 46, é o aumento na quantidade de detalhes e na qualidade do acabamento. Goel (1995) lista estes fatores como características de sketches produzidos nas etapas de refinamento e detalhamento; quando as idéias estão mais cristalizadas e o designer está comprometido com elas. Através deste viés, ao observar os sketches feitos pelo sujeito DE nas duas sessões, realmente se percebe um aumento no detalhamento e um maior cuidado com o desenho, que parece perder um pouco da característica de rascunho, de transitório. Por exemplo, a figura 48 refere-se à telas com funções semelhantes: mostrar como uma alteração macroscópica reflete-se nas representações do nível microscópico.

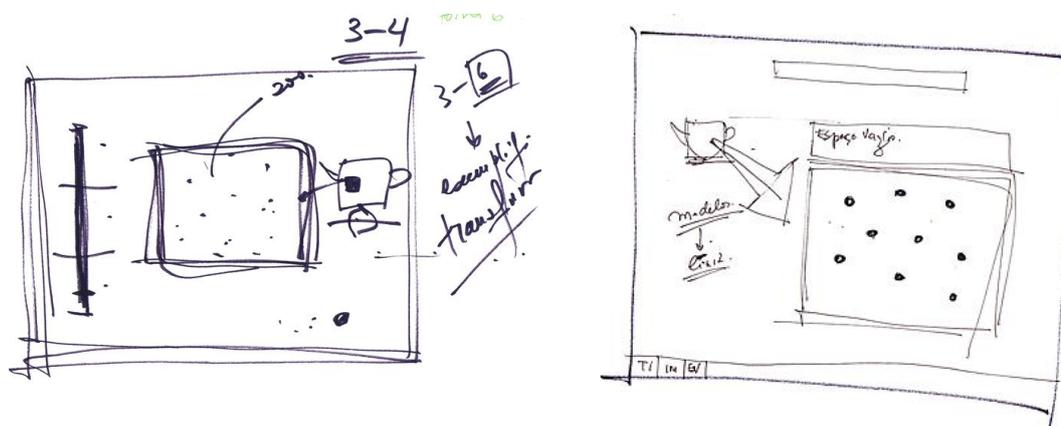


Figura 48. À esquerda, a tela da “chaleira” (sessão EM); à direita, tela dos espaços vazios (sessão SA).

Na tela à direita (espaços vazios), percebe-se maior cuidado com o desenho: ele representa a tela acabada, não é uma forma de comunicar ao educador uma forma de materializar uma idéia. Já a figura à esquerda tem mais presente este caráter de comunicação e teste de opções. Este comportamento também pode ser visto nas figuras 49 a 52, também do sujeito DE.

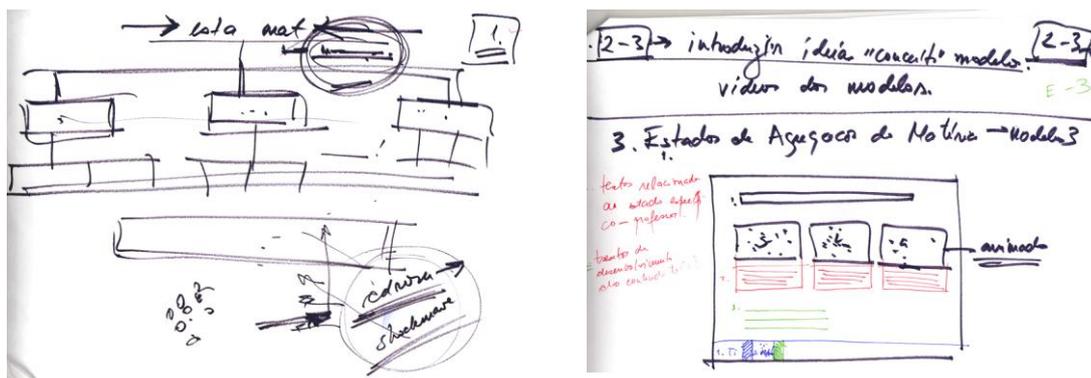


Figura 49. À esquerda, primeiro sketch da tela de apresentação (sessão EM). À direita a mesma tela, refeita durante a etapa de detalhamento. Ambas feitas pelo sujeito DE.

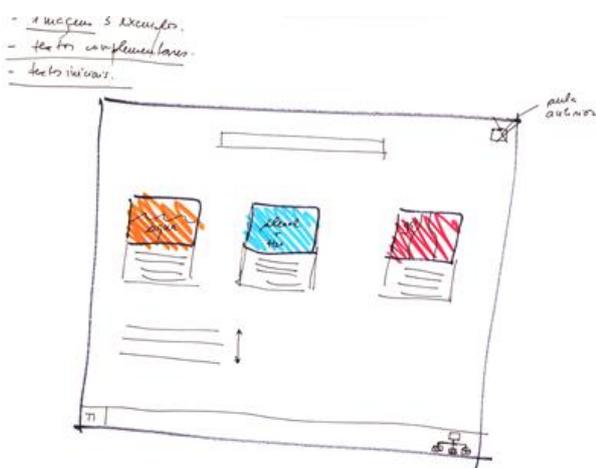


Figura 50. Tela de apresentação (sessão SA), feita pelo sujeito DE.

As telas da figura 49 mostram a apresentação do artefato; a “home”, a tela inicial. Elas mostram imagens da água nos três estados (sólido, líquido e gasoso), com textos embaixo de cada uma delas. A imagem à esquerda (figura 49) foi feita no início da sessão, ao passo que a figura à direita foi feita durante a etapa de detalhamento. Já na figura 50 se vê uma tela parecida – uma introdução ao conteúdo, com imagens de

substâncias nos três estados diluídas em água – porém com um nível de acabamento visivelmente maior. Esta imagem também foi produzida no início da sessão, e se vê que o sujeito DE está comprometido com ela de uma forma diferente da figura 49 à esquerda.

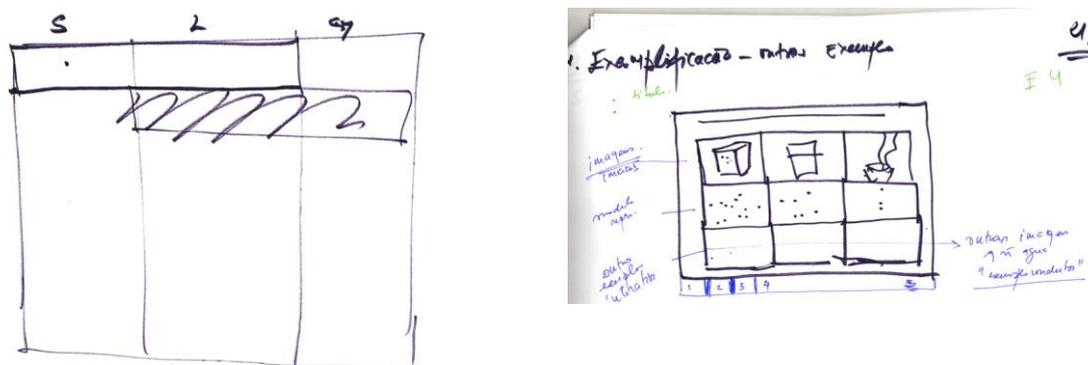


Figura 51. À esquerda, primeiro sketch da tela de comparação (sessão EM). À direita a mesma tela, refeita durante a etapa de detalhamento. Ambas feitas pelo sujeito DE.

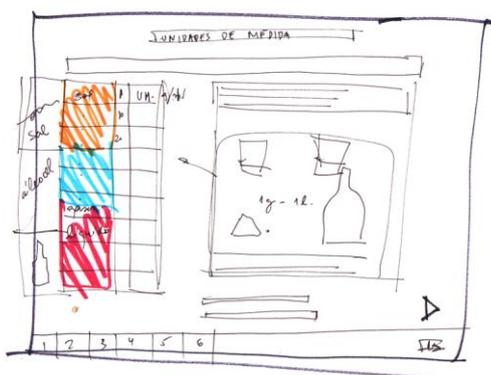


Figura 52. Tela de comparação de diferentes substâncias diluídas em água (sessão SA), feita pelo sujeito DE.

Mesmo nos desenhos produzidos nas etapas de detalhamento das duas sessões, a qualidade do acabamento é diferente para o sujeito DE. Nas figuras 51 se vêem duas telas produzidas na etapa de detalhamento da sessão EM (a primeira a ser realizada). As figuras 50 e 52 foram produzidas também pelo sujeito DE, na segunda sessão (SA). Estas duas últimas telas não foram rascunhadas antes; elas foram desenhadas da forma como estão apresentadas logo no início. Acredita-se que estes sejam índices de aprendizagem

do sujeito DE; ele encontrou uma estratégia que funcionou e a repetiu e aprimorou na segunda sessão.

Esta aprendizagem não foi apenas em relação à uma estratégia de projeto; englobou conceitos da educação também (gráfico 14).

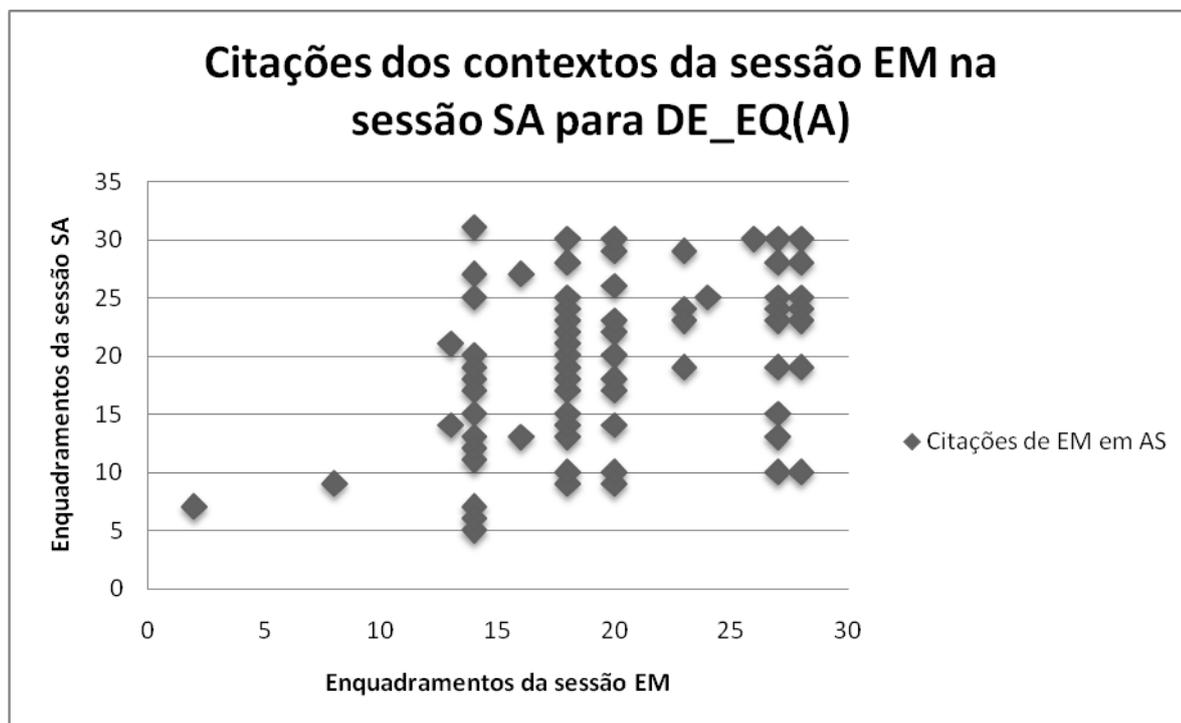


Gráfico 14. Citações entre as sessões EM e AS das duplas DE_EQ(A). Cada ponto mostra um contexto da sessão EM citado na sessão SA.

Os contextos da sessão EM com maior quantidade de referências foram: “modelos de representação”, com 15 referências; “textos explicativos”, com 16 referências; “problema para resolver”, com 11 referências; “mapas conceituais”, com 7 referências e “menu para voltar e navegar”, com 9 referências. Destas, apenas a última da lista refere-se a design; todas as demais são conceitos relacionados à educação. O contexto “modelos de representação” é, de todos os contextos relacionados à educação, o único específico do ensino de química, e provavelmente por isso foi muito referenciado na segunda sessão. Os outros itens desta lista, porém, poderiam ser aplicados em artefatos para ensino de outras áreas, no que foi considerado como uma evidência de aprendizagem de conceitos sobre ensino por parte do sujeito DE.

4.4.2. Evidências de aprendizagem da dupla DI_EQ(B).

A identificação de evidências de aprendizagem para o sujeito DI não foi tão simples. Como ele se posicionou, em ambas as sessões, como um ouvinte não-crítico, tudo o que o sujeito EQ(B) sugeriu foi aceito sem restrições. Da mesma forma que o sujeito DE, o sujeito DI aproveita a estrutura de “web site” criada na sessão EM no artefato da sessão SA, porém não se nota reutilização de conceitos ou idéias.

Da primeira para a segunda sessão, o sujeito DI evoluiu pouco em sua estratégia. Ele continuou a se portar como “ouvinte”, fazendo perguntas ocasionalmente. A maior parte das verbalizações do designer desta dupla foi sobre integração de elementos – revisões para certificar-se que todos os tópicos discutidos haviam sido incluídos. Como esta construção do conhecimento do designer ocupou quase todo o tempo da sessão, a quantidade de desenhos foi pequena. Em ambas as sessões desta dupla, não se nota, nos desenhos, uma progressão em direção ao refinamento e ao acabamento. As marcas no papel passam de textos a desenhos, e os desenhos não têm qualidade de detalhamento. Para ilustrar esta ocorrência, a figura 54 mostra folhas produzidas em seqüência pelo designer DI.

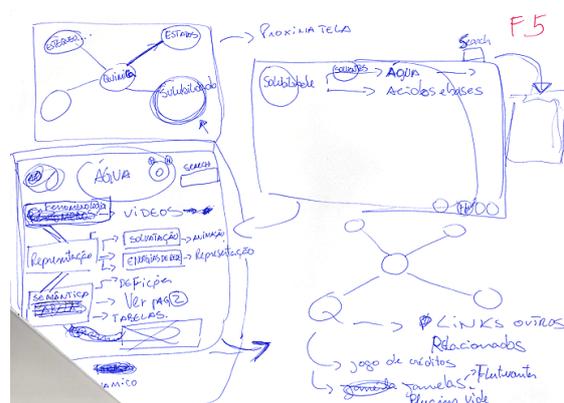
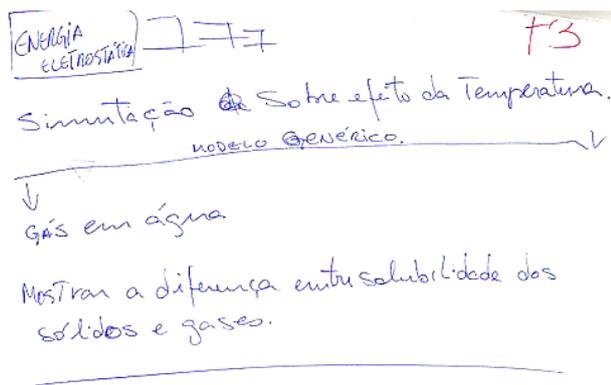
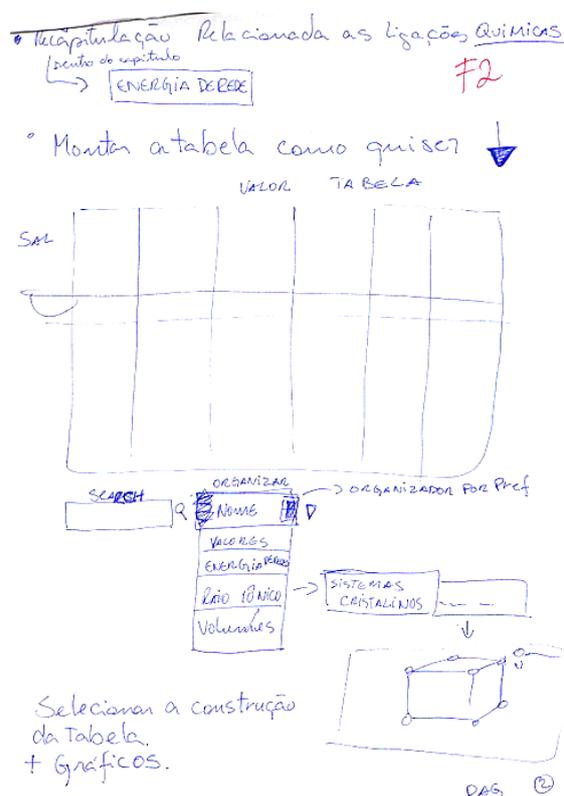
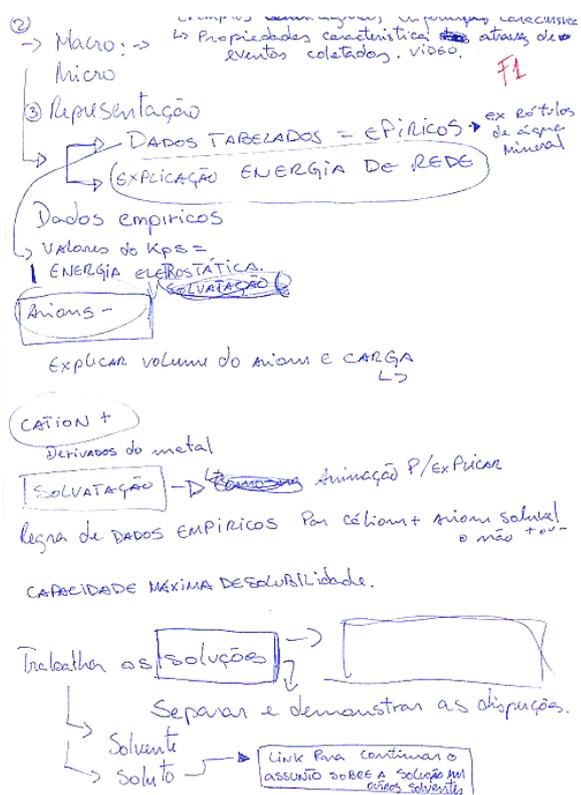


Figura 53. Folhas produzidas pelo sujeito DI na sessão SA.

Nesta seqüência de imagens, se vê que, além da tela produzida na folha 4 (extrema direita), o designer DI fez alguns desenhos na folha 2. Estes desenhos representam uma “tabela de critérios de solubilidade”. Não se percebem características de desenho produzido numa etapa de refinamento ou detalhamento. Mesmo o último desenho (folha 4, extrema direita) tem um caráter de comunicação; é um desenho rápido, um sketch.

Já o sujeito EQ(B) provavelmente não teve ganhos neste sentido pois já possui experiência na produção de artefatos educacionais digitais para ensino de química, e por ter feito seu doutorado na área de aprendizagem de química (tendo sido concepções ingênuas sobre fenômenos de transformação da matéria um de seus casos de estudo).

Desta forma, se a comparação das “telas” produzidas nas etapas de detalhamento pelo sujeito DE nas duas sessões mostra uma evidência de maior cuidado com o acabamento (o que denota uma maior comprometimento com as soluções propostas), o mesmo não se verifica para o sujeito DI. Além das telas que representam o artefato serem em menor quantidade, elas não expressam um nível de acabamento que denote compromisso com a solução. A figura 55 mostra as duas telas finais produzidas pelo sujeito DI.

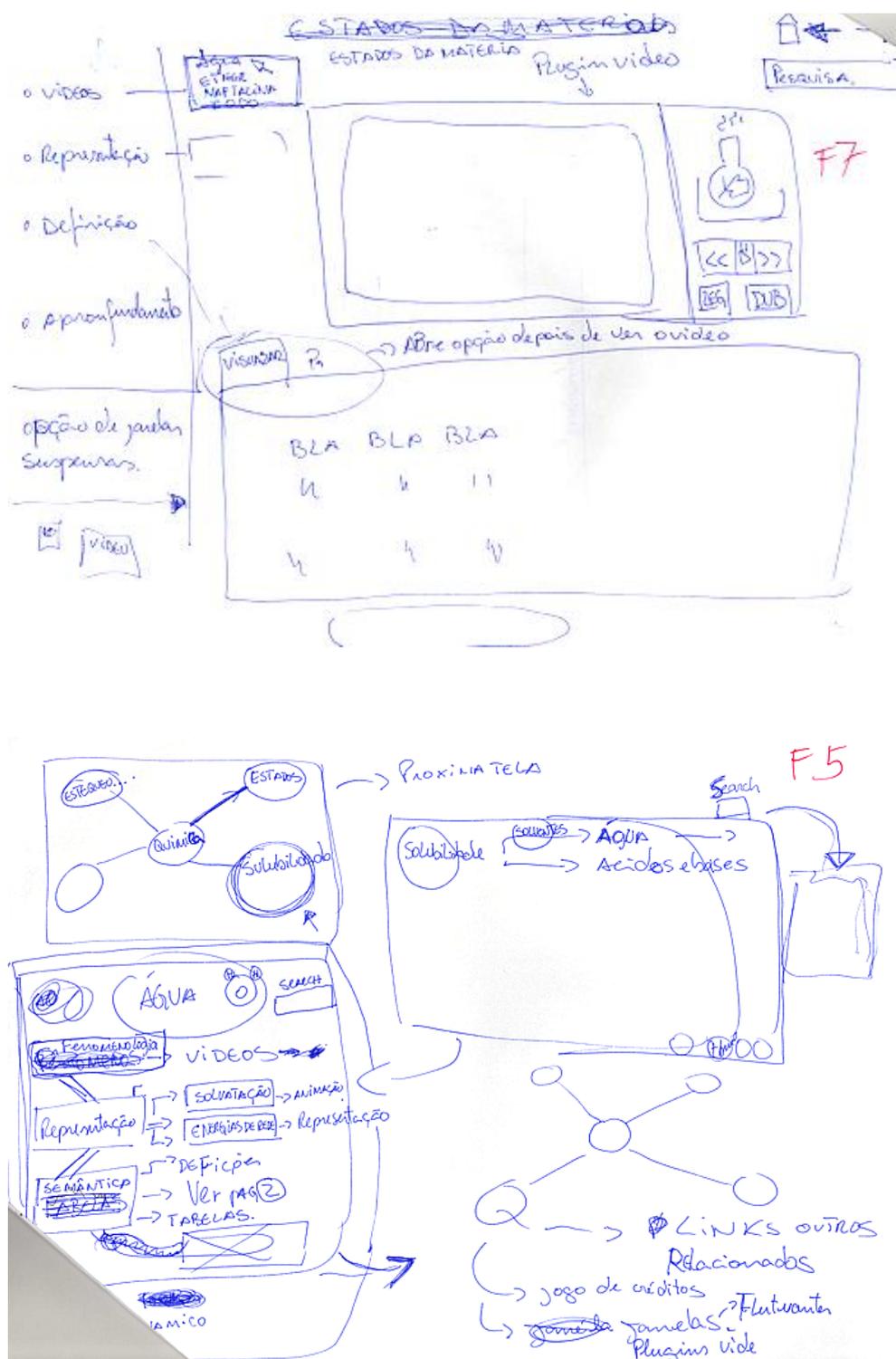
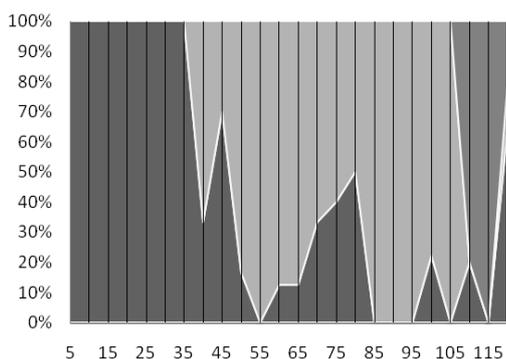


Figura 54. As duas telas que representam as soluções finais do sujeito DI, para a sessão EM (à esquerda) e SA (à direita).

O aumento da quantidade de detalhes e com o cuidado no acabamento é pequeno. Isto se refletiu nos gráficos que mostram a evolução do processo, nos quais não foram identificadas etapas que pudessem ser classificadas como “detalhamento” (gráfico 15).

Distribuição das etapas para o sujeito DI, na sessão “EM - Estados da Matéria”.



Distribuição das etapas para o sujeito DI, na sessão “SA - Solubilidade em Água”.

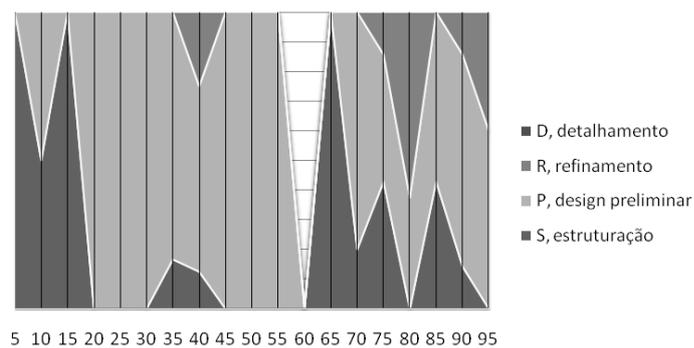


Gráfico 15. Comparação entre os gráficos que mostram as etapas do processo das sessões EM e SA para o sujeito DI.

A conclusão a respeito da pequena aprendizagem da dupla DI_EQ(B) também pode ser inferida pela quantidade de links feitos entre as sessões, como mostra o gráfico 16.

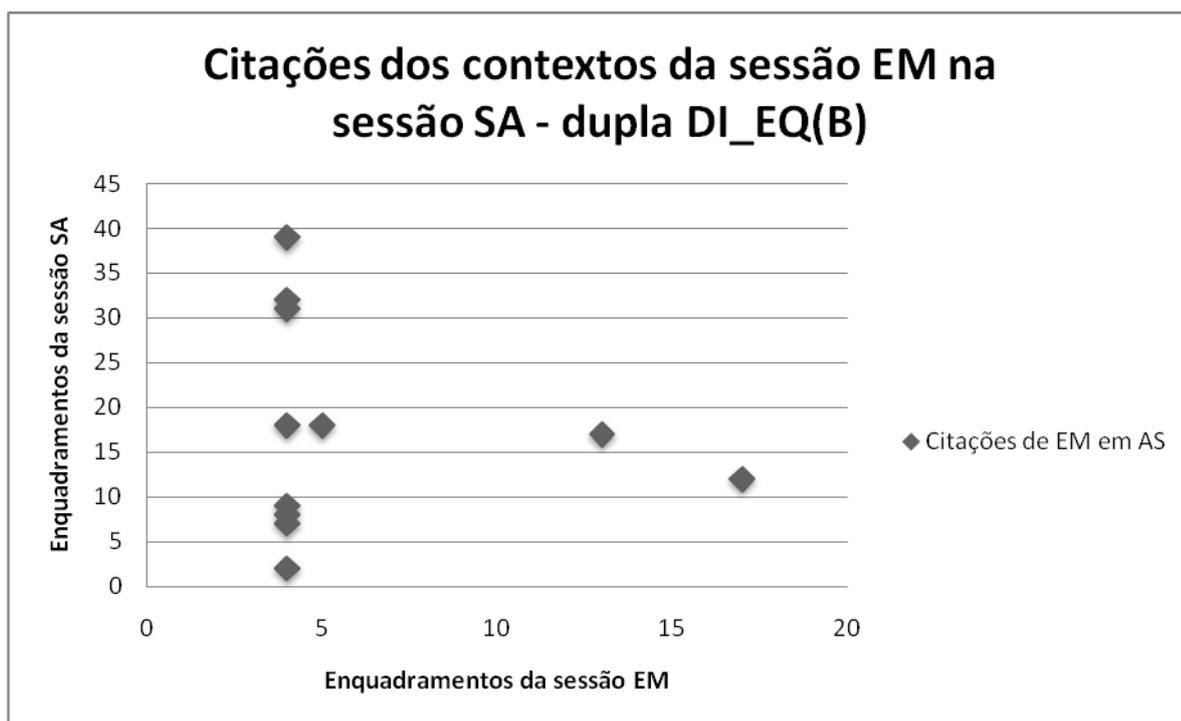


Gráfico 16. Citações entre as sessões EM e AS das duplas DI_EQ(B). Cada ponto mostra um contexto da sessão EM citado na sessão SA.

Nesta imagem se vê que a quantidade de links entre as sessões foi pequena. O único contexto da sessão EM citado mais de uma vez na sessão SA foi “Níveis de representação, interpretação mediada pela característica submicroscópica”, com 6 citações. Os demais foram citados apenas uma vez. Estas citações cruzadas também

foram feitas apenas pelo sujeito EQ(B). Acredita-se que esta baixa quantidade de citações possa ser explicada pelo fato do sujeito EQ(B) já ter uma visão formada sobre como estes tópicos devem ser tratados em um artefato educacional – já que ele se refere à sua experiência como produtor em ambas as sessões.

Estes resultados abrem uma questão a respeito da necessidade de preparação dos designers para atuar na área do projeto de artefatos educacionais, por dois motivos: (1) não é uma área do design que seja usualmente abordada nos cursos de graduação em design³⁸, logo se espera que a maioria dos designers não possua experiência em projetos deste tipo e (2) há especificidades importantes neste tipo de projeto, relacionadas a conceitos sobre ensino e aprendizagem, que poderiam ser empregados com maior fluência pelo designer se ele estivesse familiarizado com eles antes de projetar. Como dita anteriormente, não se pode esperar que um designer tenha a mesma preparação para refletir sobre aspectos da área-tema do artefato que um especialista (em química, artes, história etc.). Por isso, este profissional será sempre necessário, atuando como um consultor, auxiliando e guiando o designer. Porém, estando preparados para projetar para o aprendiz, os designers poderiam se inserir de forma mais eficiente num campo profissional em franca expansão.

4.5. LIMITAÇÕES DO MÉTODO DE ANÁLISE

A metodologia utilizada para coletar e analisar os dados – *think aloud* – se colocou como a melhor escolha em função dos problemas de pesquisa. Todavia, ela possui alguns pontos que merecem atenção do pesquisador. Na pesquisa sobre cognição em design, critica-se o fato de o contexto de projeto não ser real – um laboratório não consegue simular o ambiente de projeto, sendo a motivação um dos elementos que mais

³⁸ O projeto de interfaces de artefatos educacionais não consta como área de especialização segundo a Resolução N°5 do CONSUN.

faz falta. Além disso, como projetos de design normalmente demoram mais de uma sessão para ir da fase de estruturação até o detalhamento, a imposição de um prazo curto (uma sessão de duas horas) foge do padrão. Outro ponto que merece destaque é o fato de que a imposição de “pensar em voz alta” pode atrapalhar certos processos de raciocínio – como buscas na memória. A fim de eliminar estes efeitos, já se utilizou acompanhar projetos reais enquanto eram produzidos (CRAIG, 2001). Neste arranjo, o pesquisador acompanha várias sessões. Porém esta prática também apresenta problemas, pois se perde o controle de diversas variáveis – como saber o que aconteceu entre as sessões de projeto? O designer pode ter adquirido conhecimento enquanto o pesquisador não estava presente, pode ter conversado com outros designers, pode ter recebido informações do cliente.

Desta forma, reitera-se a confiança de que a metodologia escolhida foi a mais adequada para responder aos problemas de pesquisa colocados. Porém, além das questões recém apresentadas, acrescentam-se outras. Em alguns trechos dos protocolos podem ser discernidas três situações que apontam para limitações do método *think-aloud* - e que podem ser estendidas a outros métodos que se apóiam na análise de verbalizações:

1. Os sujeitos afirmam que falar em voz alta prejudica seu raciocínio. Este efeito é esperado, pois a verbalização interfere com outras funções.
2. Os sujeitos fazem referências à idéias que ainda não foram verbalizadas, o que indica que não há uma relação direta entre o que é dito e o que é pensado. Esta é uma das assunções da proposta do método original (ver CRAIG, 2001). Porém, deve-se lembrar que o método original buscava analisar problemas bem definidos, ou seja, além da verbalização, podia-se também saber o estado em que o sujeito estava na resolução do problema

através da própria estrutura do problema. Nos casos de problemas mal estruturados, isto não é possível.

3. Os sujeitos não expressam (verbalmente, nem gestualmente, nem graficamente) algumas premissas nas quais se baseiam para tomar uma decisão.
4. Os sujeitos não são claros em relação ao que estão pensando. Se considerarmos que a linguagem (tanto a fala quanto os desenhos e até mesmo os gestos) são a codificação do que está na mente, pode-se levantar a hipótese que a codificação não tenha sido precisa. Casos como este, quando detectados, exigem atenção extra do analisador.

4.5.1. Ocorrências nas quais pensar em voz alta atrapalhou o fluxo do raciocínio.

Nos quadros 60 a 62 serão mostradas ocorrências onde pensar em voz alta atrapalhou o fluxo do raciocínio. Os trechos mostrados podem não representar (e provavelmente não representam) todos os momentos de dificuldade com o procedimento. Isso porque se classificaram desta forma apenas os segmentos nos quais os sujeitos referiam-se à dificuldade – ela não foi inferida.

Para contextualizar a leitura, decidiu-se apresentar o conjunto de segmentos onde a dificuldade foi referida - o trecho onde a referência à dificuldade é feita está em negrito.

Pensar em voz alta é difícil		
Início (m)	DE	EQ(A)
51		Eu só to tentando encontrar aqui um encadeamento... Eu tenho a mania de parar, pensar e depois falar, agora que a gente está falando, fica difícil... Dá uma resistência minha.
		...
54		É isso que eu tava... Até nos passou isso ai... A gente começa a falar, falar, falar e se

perde. Dessas inter-relações das coisas.

Quadro 60. Protocolo EM_DE_EQ(A), sujeito EQ(A) em exercício sobre densidade e sujeito DE em exercício sobre água e outras substâncias em vários estados.

Início (m)	DE	Pensar em voz alta é difícil EQ(A)
59		Vou pegar assim... Agora o raciocínio está se perdendo ... Solubilidade de algumas substâncias... Solubilidade de algumas coisas na água... Não, não pode ser só na água...
	É solubilidade em água...	É solubilidade em água o nosso te...
	Então acho que tu tens que fazer uma tabela de exemplos sendo solúveis em água... Sei lá, com alguma porcentagem...	É melhor... É.
		E isso que foi o meu... Eu acabei perdendo a linha do raciocínio...
		...
90		Eu estou tentando pensar... Tem que pensar em voz alta e tal... Esse é um serio problema ...

Quadro 61. Protocolo SA_DE_EQ(A).

Início (m)	DI	Pensar em voz alta é difícil EQ(B)
77	[silêncio; pesquisador adverte que se deve pensar em voz alta]	
	[rindo]	Não... Eu estou tentando visualizar, não estou “ah, isso aqui não dá...”. Eu estou fazendo a procura do elemento num hd, não estou assim... Não tem nenhuma palavra, eu juro... Se viesse alguma coisa...

Quadro 62. Protocolo EM_DI_EQ(B).

4.5.2. Referências à idéias ainda não verbalizadas.

O fato de haver diversas ocorrência de idéias ainda não verbalizadas mostra que a fala não acompanha o pensamento. Esta afirmação (que parece um tanto óbvia) é, no entanto um dos pilares da análise de protocolos verbais, pois se infere que o que está sendo dito é a representação de uma idéia que está na mente. Certamente algo que não foi “processado” pelo cérebro não pode ser verbalizado, porém também se deve levantar a possibilidade de que o que é verbalizado pode ser uma parte pequena do que havia

sido “pensado”, e que pensar e falar podem não ser ações consecutivas. Conclui-se, por este motivo, que através do método *think-aloud* se pode analisar o conjunto de verbalizações, porém não se pode dar como certo que elas refletem *ipsis literis* os processos cognitivos experimentados pelos sujeitos. Esta conclusão tem um reflexo no emprego de códigos para descrever o processo de design, pois não há como saber se o código reflete o momento – mesmo que o código tenha sido bem aplicado.

O exemplo mostrado no quadro abaixo é de uma idéia que o sujeito DE teve, e que explicou durante vários segmentos. Mas a idéia em si parece ter lhe ocorrido “de uma vez só”, completa.

As idéias não são verbalizadas ao mesmo tempo em que são imaginadas		
Início (m)	DE	EQ(A)
34	Eu tenho uma idéia...	Vai falando
	Eu tenho mais uma idéia... Nessa parte aqui de... De... Da transformação...	Tá...
	Ali a gente tava trabalhando com setas dentro da caixa pré-estabelecidas que mostravam o conteúdo... Aqui a gente pode... Já como a gente colocou a água como exemplo principal na nossa tela inicial...	Sim
	A gente pode também ter uma... Plataforma interativa... Que o cara, que o aluno possa... Entender visualmente como esses modelos... Se... Se... Comportam... Na transformação	Acompanha
	Por exemplo, a gente tem ali uma tela... Que é um ponto microscópico de uma chaleira, por exemplo.	Ah sim! Vai dando zoom
	É... Vai pegar um pedacinho disso aqui, vai representar isso aqui desenha um quadrado preto na chaleira, que é o “pedacinho” que recebeu o zoom.	
	E aí, por exemplo, o aluno vai dando mais temperatura desenha uma barra que representa um termômetro, e daqui a pouco isso vai... Se organizando...	Sim
	Quanto mais o aluno subir a temperatura, mais bagunçado fica. E isso aqui dá uma ferramenta computacional que mostre pro aluno essa... Passagem	Mais bagunçado fica

Quadro 63. Protocolo EM_DE_EQ(A). Sujeito DE tem a idéia da “chaleira”. Há uma diferença de tempo entre ter a idéia e verbalizá-la.

Apesar destas limitações, acredita-se que este seja o método mais adequado para responder às perguntas desta pesquisa.

4.5.3. Sujeitos não expressam conhecimentos anteriores que os levam a tomar decisões.

A ocorrência deste tipo de situação é esperada em problemas mal estruturados, afinal não se tem acesso ao espaço do problema em nenhum momento. O examinador certamente não tem - pelos motivos expostos anteriormente, mas o designer também não tem – porque os estados em si são mal definidos, podendo transformar-se de um para outro facilmente. Todavia, a título de análise, julgou-se que alguns trechos onde este parece ter sido o caso deveriam ser apresentados. O motivo é que se infere que algumas decisões tomadas pelos Especialistas em Química foram apoiadas pela interpretação teórica do processo de ensino-aprendizagem. Um exemplo está colocado no quadro 64.

Não verbalização de conhecimentos		
Início (m)	DE	EQ(A)
51	Sim	Porque se fosse fazer numa prova pro aluno responder, iria ter um lugar pro aluno escrever e dizer “desenhe se possível...” se possível não, tem que desenhar!

Quadro 64. Protocolo EM_DE_EQ(A). Para o sujeito EQ(A), ter um campo para desenhar é um requisito importante do sistema.

Provavelmente por ter ciência das dificuldades encontradas pelos estudantes em traduzir diferentes níveis de representação, e por reconhecer nesta capacidade uma habilidade importante para dominar o assunto em questão, o sujeito EQ(A) demanda que, ao responder a questão final, o estudante tenha um campo para desenhar. Além de demonstrar utilizar seu conhecimento sobre obstáculos específicos ao aprendizado de Química, o sujeito EQ(A) também utiliza ferramentas próprias de educadores.

4.5.4. A linguagem usada pelos sujeitos não é clara.

Um exemplo deste tipo ocorre no protocolo EM_DE_EQ(A) logo no início, quando o sujeito EQA sugere que seja incorporado um “manual”. O analisador pode pensar que a palavra se refere a um sistema de ajuda, por exemplo. Mas parece que não é isso que o

sujeito pensa; e não há como ter certeza se ele pensou mesmo num sistema de ajuda ou se ele pensava, por exemplo, numa lista de conteúdos anteriores a Estados da Matéria.

Início (m)	DE	Linguagem não é clara EQ(A)
5		Mas isso tá pro aluno. Será que a gente não vai pensar nada será... Pra um manual de instrução? Manual , alguma coisa pro professor?
	Sim, sim.	Pra tu saber estados da matéria tu tem que saber pelo menos de que é feita a matéria, ter alguma noção acerca disso.
	Ah, o esquema das moléculas, como elas são agregadas...	Isso.
		Então na verdade tem alguns conceitos que são necessários... Conceitos que são necessários pra entender isso.

Quadro 65. *Protocolo EM_DE_EQ(A). Sujeito EQ(A) fala de um “manual”. Não é possível, com a transcrição, saber se ele realmente queria se referir a um manual [de instruções] ou se, como parece ser o caso, ele se refere a um repositório de conteúdo.*

Apesar destas limitações, acredita-se que estes efeitos possam ser minimizados através da junção de análises qualitativas e quantitativas. Se uma complementar a outra – como se fez nesta tese – a indicação da robustez dos dados é grande. Isto porque, havendo esta correspondência, é mais provável que ambas as análises estejam corretas do que uma ou ambas estejam erradas.

5 CONCLUSÃO

Em resposta ao objetivo geral desta tese “compreender qual o papel que o designer tem enquanto membro de uma equipe de desenvolvimento de artefatos digitais educacionais”, chega-se á uma conclusão que além de não ser inédita já era esperada: o designer tem um papel importante no projeto. O designer, tanto pela natureza de sua formação acadêmica e experiência profissional quanto pelo tipo de habilidade exigida para responder aos desafios de sua prática profissional, tem condições de enxergar o projeto como um todo, percebendo os limites e as potencialidades. Esta capacidade, mais do seu domínio da técnica, é o que lhe confere este papel de destaque.

Contudo, dentro do quadro específico em que os designers desta pesquisa foram colocados – chamados a atuar em parceria com outro tipo de profissional e em projetos nos quais eles não possuíam experiência – questionava-se como eles aplicariam seus conhecimentos e habilidades. As expectativas eram muitas. Conseguirão os designers propor soluções inovadoras e pertinentes dentro do contexto proposto (educação presencial e/ou à distância, em química, segundo o currículo do ensino médio brasileiro)? Conseguirão os designers se apropriar de um conhecimento complexo, pelo menos o suficiente para projetar? Conseguirão os designers conversar com os educadores? Estas questões foram colocadas como objetivos específicos desta tese, e serão recuperados neste capítulo.

Para tanto, serão apresentados os resultados do capítulo anterior, sumarizados como respostas aos objetivos específicos. Ao longo das sessões, serão referidas as

análises qualitativas e quantitativas, que se complementaram para a geração dos resultados abaixo apresentados.

5.1 DESIGNERS E EDUCADORES CONSEGUEM CONSTRUIR COLABORATIVAMENTE O ESPAÇO DO PROBLEMA?

A dupla DE_EQ(A) compartilhou mais a autoria dos contextos. Mesmo na sessão com maior nível de dificuldade, este padrão foi mantido. Já na dupla DI_EQ(B), o educador concentrou a autoria dos contextos, o que se refletiu nas variáveis *sharedFrames* e *educatorFrames*. Acredita-se que estes resultados possam ser evidências de que: (1) não há colaboração entre os sujeitos, e que por isso, eles não compartilham o espaço do problema ou (2) cada sujeito se atém exclusivamente ao seu “papel”.

Esta foi a primeira indicação para a existência de duas abordagens ao projeto diferentes: a do designer DE, que buscou integrar as contribuições do educador à estrutura do artefato assim que elas eram recebidas e a do designer DI, que buscou ganhar conhecimento antes de projetar.

Em relação à complexidade do tema como empecilho a construção colaborativa do espaço do problema, não se identificou evidências. Para as duas duplas, em ambas as sessões, a autoria dos contextos permaneceu constante. O aumento que se percebe (em ambas as duplas) na variável *educatorFrames* é para contextos relacionados à química, e que, durante eles, o educador está explicando ou justificando algo ao designer.

Ainda sobre o efeito da complexidade do tema, recuperam-se os valores das variáveis que medem a não-compreensão dos sujeitos (*designerMisunderstanding* e *educatorMisunderstanding*). Apesar de os valores para ambas ser próximo de zero nas quatro sessões, durante a análise qualitativa se percebeu um importante efeito do tema

para o sujeito DI. Através de suas verbalizações, percebe-se suas dificuldades para compreender a forma como o educador EQ(B) compreende a aprendizagem de conceitos sobre química. Devido à extensa formação acadêmica e experiência com projetos de artefatos digitais para ensino de química, o educador EQ(B) tem uma visão sofisticada sobre ensino e aprendizagem, e o designer não parece ter conseguido entender esta visão. Há vários exemplos:

- Em ambas as sessões o designer DI não consegue integrar ao projeto a idéia da importância das representações para aprendizagem em química. Logo no início da sessão EM, o educador coloca que “*a compreensão dos fenômenos macroscópicos será mediada pela imagem que o sujeito faz do fenômeno em nível microscópico*”. Nesta frase o educador declara a importância da simultaneidade da apresentação dos diferentes níveis de representação.
- O educador também fala sobre as teorias implícitas, e que para desconstruí-las é preciso “guiar o olhar do estudante”. A forma como o designer viabiliza isso, na sessão EM, e através de um vídeo com legendas, as quais teriam questionamentos sobre os fenômenos. Esta solução não tem ligação com o princípio da “importância da compreensão dos fenômenos a nível microscópico”.
- Na sessão SA o educador dá três sugestões para estruturar o artefato que foge do padrão “web site” – páginas com conteúdos organizadas numa “árvore”. Todas estas idéias são coerentes com a orientação teórica cognitivista do educador EQ(B). NO entanto, o designer DI não elaborou nenhuma delas.

A dificuldade em compreender conceitos de química e educação não foi, contudo, apenas para o sujeito DI. O designer DE também apresentou dificuldades, porém elas não tiveram tanta importância. Nos diálogos que indicam problemas de compreensão (quadros 17 a 20), percebe-se que eles são logo resolvidos – o designer busca sempre um consenso. Os motivos que levam o educador EQ(A) a tomar esta ou aquela decisão não são debatidos a exaustão, pois o sujeito DE está sempre buscando integrar as informações no sub-problema em questão o mais rápido possível.

Daí se chega a conclusão que o efeito do tema foi menor para o sujeito DE em função de sua estratégia de abordagem ao projeto. Enquanto o designer DI buscou “brifar” seu colega, alongando a etapa de estruturação, o designer DE buscava integrar as informações dadas pelo educador aos problemas o mais rápido possível. Este é o tema do próximo item desta conclusão: as estratégias de projeto.

5.2 QUE ESTRATÉGIAS O DESIGNER USA PARA PROJETAR QUANDO NÃO POSSUI CONHECIMENTOS ESPECÍFICOS NA ÁREA DE DOMÍNIO DO PROJETO?

Goel (1995) afirmou que uma das características do espaço do problema em design é o fato dele apresentar módulos semi-abertos – *leaky modules* na expressão do autor. Akin (1986) também identificou uma característica nas estratégias de resolução de problemas: ela é mais horizontal que vertical, ou seja, o designer não se compromete com uma solução assim que ela é encontrada. Ao invés disso, ele a desenvolve parcialmente, deixando várias questões em aberto, voltando a ela em outro ciclo do projeto. Desta forma, as soluções são integradas aos poucos, e nunca imediatamente após serem propostas. Deste comportamento Goel justifica a observação de etapas bem marcadas nos diversos processos de projeto que ele observou. Estas etapas são seqüenciais e bem

definidas, sendo que Goel apontou as características que permitem o pesquisador identificá-las. Utilizando esta linha de raciocínio, buscou-se compreender como os quatro projetos foram divididos em subproblemas, e como este processo de resolução evoluía como etapas de projeto. Os resultados destas análises apontam para as duas estratégias de projeto delineadas na seção anterior:

- "integrar o mais rápido possível", utilizada pelo designer DE.
- "estruturar para depois projetar", utilizada pelo designer DI.

Podem-se ver estas estratégias em uso nas sessões de cada dupla através dos gráficos 17 e 18, que mostram as ocorrências de verbalizações relacionadas a cada uma das etapas.

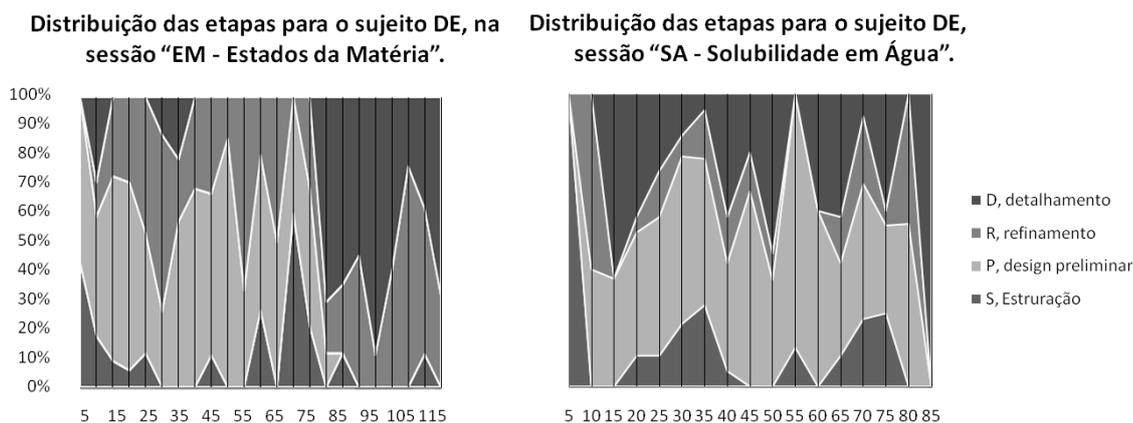


Gráfico 17. Distribuição das etapas para o sujeito DE, nas sessões "EM - Estados da Matéria" (esquerda) e "SA-Solubilidade em Água" (direita).

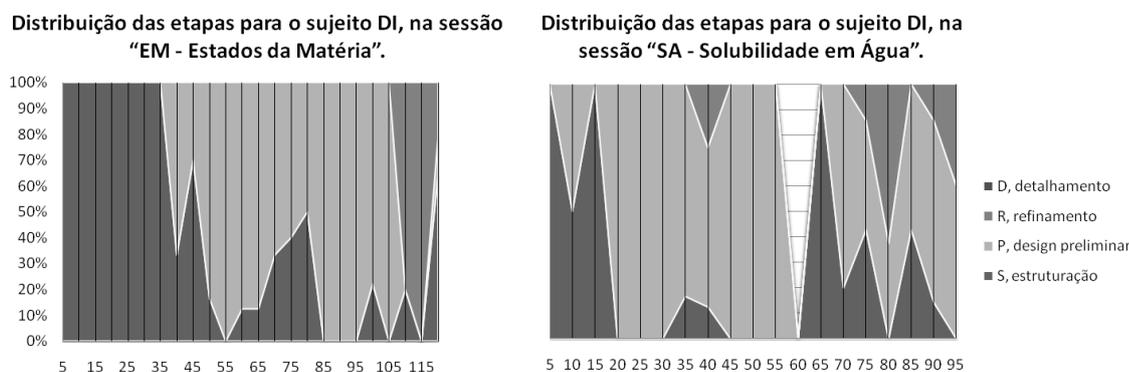


Gráfico 18. Distribuição das etapas para o sujeito DI, nas sessões "EM - Estados da Matéria" (esquerda) e "SA-Solubilidade em Água" (direita).

Destas imagens nota-se que a estratégia utilizada pelo designer DE (gráfico 17) - "integrar o mais rápido possível" - fica visível na simultaneidade das etapas. Uma explicação para estes gráficos seria o designer receber uma informação e integrá-la no sistema: isto explicaria a ocorrência de etapas de refinamento e detalhamento durante todas as sessões. Nota-se que, na segunda sessão (SA, à direita), a simultaneidade das etapas é mais visível. Isto pode ter sido efeito da aplicação da mesma estratégia pela segunda vez, somado ao reaproveitamento da estrutura criada durante a primeira sessão. Já para o designer DI a estratégia "estruturar para depois projetar" fica visível como uma longa etapa de estruturação e ausência de ocorrências relacionadas à etapa de detalhamento. Da mesma forma que o designer DE, o designer DI adianta e aumenta, da primeira para a segunda sessão, a quantidade de ocorrências relacionadas ao refinamento.

Voltando à questão sobre o efeito do tema, foi possível perceber um aumento na quantidade de contextos com uma ou zero conexões na sessão SA (tabela 8) – considerada a mais difícil.

<i>nonReferenceContexts + singleAttendedContexts</i>		
	EM	SA
DE_EQ(A)	0,22	0,31
DI_EQ(B)	0,38	0,51

Tabela 8. Soma das variáveis que indicam pouca conexão, para cada sessão, para ambas as duplas.

Este resultado mostra que, quanto mais complexo o tema, menos conexões são feitas entre os contextos. A estratégia de projeto, nestes casos, parece ter feito este

obstáculo maior para o designer DI, já que sua dupla apresenta índices maiores (31% e 51% nas sessões EM e SA).

5.3 IDENTIFICAR EVIDÊNCIAS DE SOBREPOSIÇÃO E CRUZAMENTO ENTRE OS DOMÍNIOS EDUCAÇÃO, QUÍMICA E DESIGN.

Durante o projeto de um artefato digital educacional, é provável que outras áreas do conhecimento – além do design, da educação e da química – venham colaborar. Programadores, roteiristas, cinegrafistas, gerentes de projeto, testadores; vários profissionais podem estar envolvidos nas diferentes etapas do projeto. Mas, como o foco desta tese está no início do projeto, na fase em que são geradas as idéias e os conceitos, decidiu-se elencar como profissionais centrais o designer e o educador. E, para fins de análise, julga-se que a discussão será permeada por temas relacionados à química, à educação e ao design.

Com este recorte foram buscadas por evidências de sobreposição e cruzamento entre estas áreas. Quando, por exemplo, o designer usa argumentos relacionados à educação; ou quando o designer fala sobre design como forma de alcançar um objetivo relacionado à química, contabiliza-se ocorrência de sobreposição e cruzamento. Como a delimitação precisa de quando uma verbalização está relacionada a design, educação ou química, este foi o único objetivo que não foi objeto de uma análise quantitativa. Porém, devido à forma como ele foi enunciado, se presta à análise qualitativa.

Esta capturou maior quantidade de evidências de sobreposição e cruzamento para a dupla DE_EQ(A). Julga-se que estas constatações sejam coerentes com os resultados anteriores, que apontam que o designer DE adota uma estratégia mais pró-ativa em relação ao projeto. Em comparação com o designer DI, ele “ultrapassa” mais os “limites” de seu papel.

Já entre os educadores não se detectou tanta diferença. O educador EQ(A), apesar de contabilizar mais referências de sobreposição e cruzamento, sempre que o faz está atendendo a uma restrição imposta pela química ou por sua visão sobre educação. Por exemplo, quando ele demanda que seja disponibilizado um “mapa conceitual”, ele está sendo coerente com sua orientação cognitivista. Quando ele demanda que “a quantidade de bolinhas seja constante”, está colocando uma restrição no design em função da química. O educador EQ(B), por sua vez, não chegou a fazer sugestões relacionadas ao design de maneira direta ao seu colega, o designer DI. No entanto, ele trouxe idéias que poderiam ter sido exploradas conceitualmente, transformando a estrutura do artefato. Estas contribuições foram sofisticadas, refletindo o conhecimento teórico e prático do educador EQ(B).

Já entre os designers, a diferença foi maior, pois não foram sequer encontradas evidências de sobreposição para o designer DI. Este resultado é consistente com sua estratégia de projeto “estruturar para depois projetar”. Já o designer DE utiliza em vários contextos raciocínios que podem ser relacionados à educação, como quando demanda que sejam usados “outros exemplos além da água”; que estes exemplos reflitam “situações cotidianas” e que sua estratégia didática é “linear” (ou seja: explicar, exemplificar e perguntar). Todas estas visões estavam presentes nas duas sessões, e foram corroboradas pelo educador EQ(A). A única vez em que eles discordaram a respeito de um tema relacionado à educação foi quando o educador sugeriu o uso de “ferramentas colaborativas”³⁹. Dentro do framework teórico cognitivista que orienta a visão do educador EQ(A), a pró-atividade do estudante e a interação com seus colegas e professores é parte essencial do processo de aprendizagem. Desta forma, estas ferramentas, na visão do educador, poderiam auxiliar o professor verificar a ocorrência de “evolução conceitual”, pois permitiriam traçar um caminho percorrido pelo estudante.

³⁹ Ver item 4.3.3.1.4. Caso “Ferramentas colaborativas”, do capítulo Resultados.

Como a intenção do educador não entra em conflito com a visão do designer sobre educação, o consenso é alcançado. Mas acredita-se que, se o designer tivesse conhecimento sobre as teorias que permeiam as visões do educador, o debate poderia ser mais rico.

Acredita-se que seja positivo que o designer consiga transitar entre os diversos domínios de um projeto, por isso buscou-se por evidências de sobreposição e cruzamento. Todavia, parece que a estratégia usada pelo designer influencia na ocorrência de sobreposições. O designer mais pró-ativo – o sujeito DE – contabilizou várias ocorrências, não limitando sua participação ao projeto da interface. Porém cabe questionar o quanto esta participação está qualificada, uma vez que os educadores, quando acusam sobreposição, o fazem baseados em sua compreensão teórica a respeito dos processos cognitivos envolvidos na aprendizagem.

5.4 EVIDÊNCIAS DE APRENDIZAGEM DOS PROJETISTAS.

Durante a análise qualitativa, perceberam-se algumas evidências de aprendizagem por parte do designer DE. Esta aprendizagem parece ter acontecido tanto em relação a conceitos de química como de educação. Porém, o dado mais interessante para esta tese foi a constatação de que houve um aprendizado em relação ao processo de projeto. O primeiro sinal foi a quantidade de referências à primeira sessão (EM) feitas na segunda sessão (SA). Frases como “*Eu acho que nós vamos fazer uma engenharia reversa hoje... Vamos ver o conteúdo, porque ontem a gente saiu feito uns malucos...*”, dita nos primeiros 10 minutos da segunda sessão, mostram que o designer DE critica o processo utilizado na sessão EM e aponta como melhorá-lo. Constatadas estas referências, notou-se nos gráficos das etapas de processo do sujeito DE uma mudança que reflete esta aprendizagem (ver gráfico 14, neste capítulo): o ciclo de revisão, que na sessão EM começa por volta dos 85 minutos – quando a etapa de estruturação deixa de ocorrer –

não acontece na segunda sessão. Nela, a etapa de detalhamento ocorre durante toda a sessão.

Reforçando esta constatação, a análise dos desenhos produzidos nas duas sessões pelo designer DE mostra (1) um aumento na qualidade do acabamento nos desenhos produzidos na sessão SA e (2) ausência de desenhos de caráter “comunicacional”, desenhos rápidos, característicos da etapa de design preliminar. A literatura de cognição em design não reporta estes dados.

5.5 FECHAMENTO

Nesta pesquisa, as conclusões a respeito dos papéis e estratégias foram apoiadas por dados vindos de análises qualitativas e quantitativas, que se completam e se confirmam. Sumarizando os resultados, afirma-se que:

1. A estratégia usada pela dupla foi mais determinante que o tema no que tange a construção colaborativa do espaço do problema
2. Quando a estratégia foi “estruturar antes de projetar”, a falta de conhecimento sobre o tema e sobre a orientação teórica do educador representou um obstáculo importante. Quando a estratégia foi “integrar o mais rápido possível”, o obstáculo não foi tão grande.
3. A estratégia de projeto teve efeito no papel que o designer tomava para si. Quando a estratégia foi “estruturar antes de projetar”, não foram encontradas evidências de sobreposição. Quando a estratégia foi “integrar o mais rápido possível”, houve ocorrências.
4. As ocorrências de sobreposição e cruzamento de domínio do designer foram baseadas em concepções ingênuas, no sentido de não estarem organizadas

num sistema teórico. Já as ocorrências de sobreposição e cruzamento de domínio dos educadores estavam sempre permeadas por suas visões teóricas a respeito dos processos de ensino e aprendizagem.

5. O efeito do nível de complexidade do tema pode ser percebido na quantidade de contextos que faziam zero ou um link com outros contextos. Quanto mais complexo o tema, maior a quantidade deste tipo de contexto. A estratégia de projeto "integrar o mais rápido possível" diminuiu este efeito do tema.

Estas são conclusões pertinentes a artefatos digitais educacionais, e não podem, a princípio, ser expandidas para outras áreas do design que sejam afins, como design gráfico e de interfaces. Porém, pode-se, como exercício, utilizar a tabela de Goel (1995), que compara espaços do problema para problemas de design e "não-design". Esta tabela foi apresentada no capítulo Revisão Bibliográfica⁴⁰, e é reproduzida novamente aqui, acrescentando-se a ela o que se entende por "espaço do problema de design de artefatos educacionais digitais".

Item	Espaço de problema de design (PD)	Espaço de problema não-design (PND)	Espaço de problema de design de artefatos educacionais digitais
1	Predominância de regras pessoais para parar de trabalhar no subproblema e para avaliar soluções.	Regras para parar são dadas no enunciado do problema; funções de avaliação são muitas vezes objetivas.	Similar aos PD
2	Poucas transformações de estado geradas por inferência dedutiva (1%)	Muitas transformações de estado foram frutos de inferência dedutiva (40%).	Algumas transformações motivadas por restrições do problema.
3	Mudança nos parâmetros do problema como forma de re-estruturação do problema.	Não ocorreu.	Similar aos PD. Tanto educadores quando designer buscaram mudar parâmetros e objetivos do problema.
4	Muitos módulos (cerca de 30); poucas interconexões (7%); agrupamento	Poucos módulos (cerca de 6); maior densidade de interconexões (20%); sem	Similar ao PD, porém os sujeitos não tinham tanta liberdade para definir

⁴⁰ No item 2.1.2. Teoria do design genérico.

	hierarquizado das interconexões; sujeito tem flexibilidade para determinar decomposições e interconexões.	agrupamentos hierárquicos ou interconexões; sujeito não tem flexibilidade para determinar decomposição ou interconexão.	conexões, pois estão ligadas à restrições impostas pelo tema.
5	Desenvolvimento incremental do artefato.	Não ocorre.	Não observado.
6	Estratégia de comprometimento limitado.	Estratégia de comprometimento limitado não é usada.	Não foi verificada.
7	Sujeito faz e propaga comprometimentos.	Sujeito se compromete com algumas soluções, porém apenas depois de elas serem aceitas por funções de avaliação adequadas.	Idem PD.
8	Distinção entre estruturação e resolução do problema, com uma porcentagem relativamente grande do tempo devotada à estruturação (25%).	Pouco tempo dedicado à estruturação do problema (0.3%).	Idem PD.
8	Diversas etapas de resolução do problema: design preliminar, refinamento e detalhamento.	Não foram verificadas fases distintas de resolução do problema.	Idem PD.
9	Manipulação de diversas hierarquias de abstração.	Não verificado.	Similar ao PD, com menos intensidade.

Tabela 9. Sumário dos espaços de problema de design e não-design, de Goel (1995, p. 124), acrescido do espaço de problema de design de artefatos educacionais digitais.

Há diversas semelhanças entre a modelagem dos espaços de problema de design, feita por Goel, e a modelagem dos espaços de problemas de design de artefatos educacionais digitais, feita nesta tese. Desta comparação, ressaltam-se as seguintes diferenças:

- Ocorrência de transformações de estados motivadas por inferências dedutivas. Pontua-se que estas modificações, quando ocorreram, foram feitas pelos educadores, e não eram estruturais.
- O desenvolvimento incremental do artefato não foi observado. A estratégia do sujeito DE, "integrar o mais rápido possível", evolui, na segunda sessão, para um processo com um ciclo. Além disso, em ambas as sessões, as etapas que se espera que aconteçam no final do processo – refinamento e

detalhamento – ocorreram ao longo de toda a sessão. Pode ser que o sujeito DI, se tivesse mais tempo e conhecimento sobre os temas das sessões, tivesse tentado um processo incremental. Porém, isso não foi verificado.

- O emprego da estratégia de comprometimento limitado não foi verificado. No caso do designer DI por ele não ter chegado às etapas de refinamento e detalhamento, ou seja, por não ter efetivamente construído um artefato. Já o designer DE assim que gerava soluções as integrava no projeto, o que caracteriza compromisso com as soluções geradas.

Estas diferenças, ainda que não sejam suficientes para considerar o design de artefatos educacionais uma classe distinta de problemas de design, aponta para um conjunto específico de necessidades na formação de profissionais, a exemplo do que ocorre com diversas áreas do design. De acordo com os resultados desta tese, estas necessidades específicas apontam para:

- Prática de projeto de artefatos digitais educacionais e
- Estruturação do conhecimento acerca de teorias de ensino e aprendizagem.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKIN, O. **Psychology of Architectural Design**. Londres: Pion, 1986

AKIN, O. Variants in design cognition. In: Design Cognition, Design Knowing e Learning. In: **Design Cognition, Design Knowing e Learning**. Editado por Charles Eastman, Mike McCracken e Wendy Newstetter. Oxford: Elsevier, 2001.

ATMAN, C. J.; CHIMKA, J. R.; BURSIC, K. M, NACHTMANN, H. L. A comparison of freshman and senior engineering design processes.

CAI, H.; YI-LUEN, E. D; CRAIG M. ZIMRING. Extended linkography and distance graph in design evaluation: an empirical study of the dual effects of inspiration sources in creative design. **Design Studies**, v. 31, v.2, p. 146-168, mar. 2010.

CHANDRASEKARAN, B. A Review of Sketches of Thought, **AI Magazine**, v. 28, n.2, 1997.

CHI, M. Quantifying Qualitative Analyses of Verbal Data: a Practical Guide. **The Journal of the Learning Sciences**, v. 6, n. 3, p. 271-315. 1997.

CRAIG, D. L. Stalking Homo Faber: A Comparison Of Research Strategies For Studying Design Behavior. In: **Design Cognition, Design Knowing e Learning**. Editado por Charles Eastman, Mike McCracken e Wendy Newstetter. Oxford: Elsevier, 2001.

CROSS , N. The nature and nurture of design ability. **Design Studies**, v. 11, n. 3, p. 127-140, jul. 1990.

CROSS, N. Design cognition: results from protocol and other empirical studies of design activity. In: **Design Cognition, Design Knowing e Learning**. Editado por Charles Eastman, Mike McCracken e Wendy Newstetter. Oxford: Elsevier, 2001.

CROSS, N. **Designerly Ways of Knowing** Boston: Birkhäuser. 2007.

CROSS, N. Expertise in design: an overview. **Design Studies**, v. 25, n.5, p. 427–441, set. 2004.

CROSS, N. Natural intelligence in design. **Design Studies**, v. 20, n. 1, p. 25-39, jan. 1999.

Design Studies, v. 20, n. 2, p. 131-152, mar. 1999.

DORST, K. **Describing Design: a Comparison of Paradigms**. Delft: Universidade Politécnica de Delft, 1997. Tese, Desenho Industrial, 1997.

DORST, K; CROSS, N. Creativity in the design process: co-evolution of problem–solution. **Design Studies**, v. 22, n.5, p. 425–437, set. 2001.

DORST, K; DIJKHUIS, J. Comparing paradigms for describing design activity. **Design Studies**, v.16, n.2, p.261-274, abr. 1995.

DRIVER, R.; EASLEY, J. Pupils and Paradigms: a Review of Literature Related to Concept Development in Adolescent Science Students. **Studies in Science Education**, v. 5. p. 61-84, 1978.

FUENTES, R. A prática do design gráfico: uma metodologia criativa. Tradução Osvaldo Antônio Rosiano. São Paulo: Edições Rosari, 2006.

GERO, J S; NEIL, T Mc. An approach to the analysis of design protocols. **Design Studies**, v. 19, n.1, p. 21-61, jan. 1998.

GERO, J. ; KANNENGIESSER, U. The situated Function-Behaviour-Structure framework. **Design Studies**, v, 25, n.4, p. 373-391, jul. 2004.

GERO, J. S. Design prototypes: a knowledge representation schema for design, **AI Magazine**, v. 11, n.4, p. 26-36. 1990.

GOEL, V. Dissociation of Design Knowledge. In: **Design Cognition, Design Knowing e Learning**. Editado por Charles Eastman, Mike McCracken e Wendy Newstetter. Oxford: Elsevier, 2001.

GOEL, V. **Sketches of Thought**. Cambridge: The MIT Press, 1995.

GOEL, V.; PIROLLI, P. Motivating the Notion of Generic Design Within Information Processing Theory: the Design Problem Space. **AI Magazine**, v. 10, n. 1, p. 18-36. 1989.

GOEL, V.; PIROLLI, P. The Structure of Design Problem Spaces. **Cognitive Science**, v. 16, n. 3, p. 395-429. 1992.

GOLDSCHMIDT, G. Criteria for design evaluation: a process-oriented paradigm. In: **Evaluating and predicting design performance**. Edited by KALAY, Y. E. Chichester: John Wiley, 1992.

GOLDSCHMIDT, G. Capturing indeterminism: representation in the design problem space. **Design Studies**, v.18, n. 4, p. 441-455, out. 1997.

GOLDSCHMIDT, G. The dialectics of sketching. **Creativity Research Journal**, v. 4, n. 2, p. 123-143, 1991.

GOLDSCHMIDT, G. The designer as a team of one. **Design Studies**, v. 16, n. 2, p. 189-209, abr. 1995.

HO, C H. Some phenomena of problem decomposition strategy for design thinking: differences between novices and experts. **Design Studies**, v.22, n.1, p. 27-45, jan. 2001.

KAN, J. W. T. GERO, J, S. Acquiring information from linkography in protocol studies of designing. **Design Studies**, v. 29, n. 4, p. 315-337, jul. 2008

KAN, J. W.T.; GERO J. Using the FBS ontology to capture semantic design information in design protocol studies. In: **About: Designing. Analysing Design Meetings**, Edited by MCDONNELL, J.; LLOYD, P. CRC Press, 2009.

KAVAKLI, M; SCRIVENER, S A R; BALL, L J. Structure in idea sketching behavior. **Design Studies**, v. 19, n. 4, p. 485–517, out. 1998.

LAWSON, B. R. Cognitive Strategies in Architectural Design. **Ergonomics**, v. 22, n.1, p. 59-68, jan. 1979.

LAWSON, B; DORST, K. **Design Expertise**. Oxford: Elsevier, 2009.

LIKKANEN, L A; PERTTULA, M. Exploring problem decomposition in conceptual design among novice designers **Design Studies**, v. 30, n.1, p 38-59, jan. 2009.

MORTIMER, E. F. Concepções Atomistas dos Estudantes. Química Nova na Escola, v. 1, p. 23-26, maio. 1995.

NEWELL, A; SIMON, H. **Human problem solving**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1972.

NEWSTETTER, W. C., McCracken, W. M. Novice conceptions of design: implications for the design of learning environments. In: **Design Cognition, Design Knowing e Learning**. Editado por Charles Eastman, Mike McCracken e Wendy Newstetter. Oxford: Elsevier, 2001.

PETROSKY, H. **The Evolution of Useful Things**. Nova Iorque: Vintage Books, 1992.

PURCELL, T. A.; GERO, J. S. Design and other types of fixation. Design Studies v. 17, n.4 p. 363-383, 1996.

SCHÖN, D. **El profesional reflexivo: cómo piensan los profesionales cuando actúan**. Barcelona: Paidós, 1998.

SEARLE, J. R. Is the Brain a Digital Computer? In: **Proceedings and Addresses of the American Philosophical Association**, v. 64, n. 3, p. 21-37, nov. 1990.

SIMON, H. **The Sciences of The Artificial**. 3ª edição. Cambridge: The MIT Press, 1996.

SUWA, M., PURCELL, T.; GERO, J.. Macroscopic analysis of design processes based on a scheme for coding designers' cognitive actions. **Design Studies**, v. 19, n.4, p.455-483, out. 1998.

SUWA, M; TVERSKY, B. What do architects and perceive in their design protocol analysis. **Design Studies**, v.18, n.4, p. 385-103, out. 1997.

VERMAAS, P. E.; DORST, K. On the conceptual framework of John Gero's FBS-model and the prescriptive aims of design methodology. **Design Studies**, v. 28, n. 2, p. 133-157, mar. 2007.

VERSTIJNEN I M; HENNESSEY J M; LEEUWEN, C van; HAMEL, R; GOLDSCHMIDT, G. Sketching and creative discovery. **Design Studies**, v. 19, n. 4, p.519–546, out. 1998.

VISSER, W. Design: one, but in different forms. **Design Studies**, v. 30, n. 3, p. 187-223, mai. 2009.

XAVIER, A. (Org.). **Lúcio Costa: sobre arquitetura**. Ed. fac-sim coordenada por Anna Paula Canez. Porto Alegre: Ed. UniRitter, 2007.

ZIMRIG C., CRAIG, D. L. Defining design between domains: an argument for design research á la carte In: **Design Cognition, Design Knowing e Learning**. Editado por Charles Eastman, Mike McCracken e Wendy Newstetter. Oxford: Elsevier, 2001.