

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

João Pedro Ornaghi de Aguiar

**SOBRE A NATUREZA DOS PROBLEMAS DE PROJETO:
GRAU DE DEFINIÇÃO, COEVOLUÇÃO E ESCOLHA
DE TÉCNICAS PARA A GERAÇÃO DE ALTERNATIVAS**

Porto Alegre

2011

João Pedro Ornaghi de Aguiar

**SOBRE A NATUREZA DOS PROBLEMAS DE PROJETO:
GRAU DE DEFINIÇÃO, COEVOLUÇÃO E ESCOLHA
DE TÉCNICAS PARA A GERAÇÃO DE ALTERNATIVAS**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, modalidade Acadêmica, na área de concentração em Sistemas de Produção.

Orientação:

Lia Buarque de Macedo Guimarães, *PhD*.

Porto Alegre

2011

João Pedro Ornaghi de Aguiar

Sobre a natureza dos problemas de projeto:

Grau de definição, coevolução e escolha de técnicas para a geração de alternativas

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção na modalidade Acadêmica e aprovada em sua forma final pela Orientadora e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Lia Buarque de Macedo Guimarães, *PhD.*

Orientadora PPGEP/UFRGS

Carla Schwengber ten Caten, *Dra.*

Coordenadora PPGEP/UFRGS

Banca Examinadora:

Professora Istefani Carísio de Paula, *Dra.* (PPGEP/UFRGS)

Professor Júlio Carlos de Souza van der Linden, *Dr.* (DEG/UFRGS)

Professora Ligia Maria Sampaio de Medeiros, *Dra.* (UNIRITTER)

PORTO ALEGRE, RS – BRASIL

MARÇO DE 2011

AGRADECIMENTOS

Citar aqui todos que ajudaram é impossível uma vez que a lista teria, provavelmente, a extensão de um capítulo. E apesar de todos estes não-citados serem os responsáveis por qualquer acerto ou passagem correta encontrada aqui, é minha a responsabilidade por qualquer erro neste documento.

Contudo, gostaria de agradecer especialmente a todos os colegas da turma de mestrado que entraram em 2009, aos professores das disciplinas cursadas e a minha orientadora.

*...the designer do not realize that they must learn to distinguish what they **believe** to be true from what can be **proved** to be true, while scientists, mathematicians and other experts may fail to realize that what they perceive as a well-defined problem can be invalidated by the new situations that are constantly taking form in the mind's eye of a skilled designer.*

John Christopher Jones, 1969, grifo do autor
(In: JONES, J.C. **Design methods**. New York: John Wiley and Sons, 1992, p. xix)

RESUMO

Esta dissertação trata das características próprias dos problemas de projeto de desenvolvimento de produtos. Os objetivos deste trabalho foram revisar parte da literatura publicada sobre a natureza dos problemas de projeto; confirmar, na prática, a mudança na definição dos componentes do problema ao longo da sua resolução; e propor uma estrutura que auxilie a escolha de ferramentas de geração de alternativas. São apresentados os resultados de uma observação do processo projetual realizado por estudantes de graduação da Engenharia e do Design, trabalhando conjuntamente. A dissertação é estruturada na forma de três artigos encadeados. Os resultados da revisão bibliográfica conformam o primeiro artigo, referente ao capítulo dois deste documento. A observação dos grupos de estudantes está no segundo artigo, referente ao capítulo três. A contribuição busca facilitar a tradução dos requisitos de um projeto em conceitos de um produto, através da proposição de uma matriz que cruza as dimensões dos problemas de projeto de produtos manufaturados industrialmente e algumas ferramentas conhecidas para a geração de alternativas. Essa matriz se encontra no terceiro artigo, referente ao capítulo quatro do documento. No quinto e último capítulo são elaboradas as conclusões do estudo, que apontam para a recursividade da atividade de definir um problema paralelamente ao seu processo de resolução.

Palavras-chave: Problema de projeto. Problema mal definido. Coevolução. Desenvolvimento de produto.

ABSTRACT

This study is about the nature of design problems. Its objectives are: to review part of the literature about the topic; to confirm, with empirical basis, the changes in the components of design problem through the resolution process; and present a framework that helps choosing concept generating tools. The empirical data were obtained from observation and verbal protocols of graduation students from Engineering and Design courses working together. This research is presented in three linked articles, setting chapters two, three and four of this document. Chapter two represents the literature review. The observation of the students corresponds to chapter three. The contribution appears in chapter four, where the design problem dimensions are crossed with tools for concept generation. Lastly, in the fifth chapter, the conclusions pointed out to the recursiveness in the problem definition and solution generation process.

Keywords: Design problems. Ill defined problems. Co-evolution. Product development.

LISTA DE QUADROS E FIGURAS

Introdução: Condenados a criar

Figura 1.1 – Modelo VDI 2221 do desenvolvimento de sistemas técnicos e de produtos	8
Figura 1.2 – Modelo com simetria entre o problema e a solução.....	8
Figura 1.3 – Visão parcial da representação do processo de desenvolvimento integrado de produtos...	9
Figura 1.4 – Modelo unificado para o processo de desenvolvimento de produto – PDP.....	9
Figura 1.5 – Estrutura da dissertação	14

Artigo 1

Figura 2.1 – Estrutura geral para a análise de problemas Elaborado a partir de Reitman (1964).	21
Figura 2.2 – Estágios intermediários identificáveis entre a percepção inicial e final do problema	27
Figura 2.3 – Desenvolvimento concomitante da percepção do problema e da solução	29

Artigo 2

Figura 3.1 – Modelo de coevolução	42
Figura 3.2 – Árvore de decisões da sessão de projeto	47

Artigo 3

Figura 4.1 – Modelo faseado do processo de desenvolvimento de produtos	58
Quadro 4.1 – Informações dos problema divididas em dimensões	59
Figura 4.2 – Tipologia de problemas projetuais de Bonsiepe (1978).....	64
Figura 4.3 – Estrutura do problema e distribuição das dimensões do problema	65
Figura 4.4 – Matriz para escolha de técnicas de geração de alternativas	66

Conclusão: Problemas mal definidos e coevolução

Figura 5.1 – Proposta de um modelo de Reitman-Maher para a coevolução.....	71
Figura 5.2 – Lista dos textos sobre problemas	72

SUMÁRIO

<i>Introdução</i>	
1	Condenados a Criar..... 1
1.1	Os modelos de desenvolvimento de produtos..... 7
1.2	Tema e objetivos..... 11
1.3	Método e apresentação..... 13
	Referências..... 14
<i>Artigo 1</i>	
2	A revolução de 1973: como se desenvolveu a percepção da natureza dos problemas de projeto..... 16
2.1	Introdução..... 17
2.2	Avanços anteriores..... 19
2.3	As duas contribuições de 1973..... 24
2.4	Desdobramentos e novos avanços..... 30
2.5	Comentários finais..... 33
	Referências..... 36
<i>Artigo 2</i>	
3	Busca por uma técnica para a observação da coevolução entre requisitos do problema e atributos da solução em projetos de desenvolvimento de produtos..... 38
3.1	Introdução..... 39
3.2	Revisão da Literatura..... 41
3.3	Procedimentos Metodológicos..... 43
3.4	Resultados e Discussão..... 46
3.5	Conclusão..... 49
	Referências..... 51
<i>Artigo 3</i>	
4	Estruturação de uma matriz de auxílio à escolha de técnicas de geração de alternativas: uma experiência interdisciplinar..... 54
4.1	Introdução..... 55
4.2	As dimensões dos problemas projetuais..... 56
4.3	Técnicas para a geração de alternativas..... 60
4.4	Uma matriz para a escolha de técnicas de geração de alternativas..... 62
4.5	Conclusão..... 67
	Referências..... 67
<i>Considerações finais</i>	
5	Problemas indefinidos e coevolução..... 70
5.1	Sugestão para trabalhos futuros..... 73
	Referências..... 74

1 CONDENADOS A CRIAR

O desenvolvimento de produtos é somente a faceta moderna de uma atividade muito antiga, ligada ao próprio entendimento do que é um ser humano. Mesmo não sendo uma característica exclusiva da espécie humana, a utilização de objetos para realizar tarefas não aparece com tamanha intensidade em nenhum outro animal. Por meio de relações complexas, os seres humanos conferem significado aos objetos, fazendo com que estes, por sua vez, caracterizem os seres humanos.

O ser humano não é nem o mais rápido, nem o mais forte dos animais. É somente através do uso dos objetos que é aberta a possibilidade de superar as suas limitações biológicas. É atribuída a Albert Camus a frase: “O Homem é a única espécie que se recusa a ser o que realmente é.” O que garante o sucesso do ser humano na natureza, e o que parece diferenciá-lo, é a grande capacidade de intervir de maneira ordenada no ambiente para a obtenção de estruturas úteis à sua espécie.

O estudo da vida e das relações dos animais com o meio pode sugerir uma resposta à origem da inventividade humana. O biólogo evolucionista Richard Dawkins, em 1982, introduziu a ideia de fenótipo estendido. Fenótipo, um conceito que data do início do século passado, é a manifestação detectável de um genótipo. É o conjunto das características visíveis de um indivíduo. O que é novo na interpretação de Dawkins é a noção de que, uma vez que os genes são responsáveis apenas por sintetizar proteínas, não é possível restringir a observação de seus efeitos ao corpo do indivíduo. Existe uma longa cadeia de reações que liga o efeito de um gene tanto às estruturas internas de um organismo quanto ao ambiente em que o indivíduo está inserido. Nas palavras de Dawkins: a pele não é o limite da atuação dos genes (DAWKINS, 2009).

Para explicar o fenótipo estendido, o autor utiliza o comportamento do castor como exemplo (DAWKINS, 2007 e 2009). Suas ações para a construção de represas com galhos e troncos de árvores acabam por alagar um vale. O lago resultante seria tão próprio do castor quanto seus incisivos proeminentes, sendo que a sobrevivência dessa espécie, como se conhece, é tão dependente da área alagada por um grupo quanto dos dentes de cada indivíduo. O autor, assim, sustenta que não deveria haver distinção entre características intra e extracorpóreas. No exemplo, cada característica ligada ao castor (como o lago ou o dente) evoluiu pelo mesmo

processo, por ter trazido vantagens para o indivíduo que as possuía. Estas vantagens facilitaram indiretamente a passagem da característica para a geração seguinte.

A existência humana, assim como a do castor, está ligada à aptidão de manipular o que lhe rodeia. Criar artefatos é parte do ser humano assim como a mão ou como qualquer órgão do seu corpo. Os seres humanos estão condenados a criar o seu próprio ambiente e disso são dependentes. Pierre Ducassé observa que sem os seres humanos as máquinas não existiriam, mas sem elas a existência humana já não é possível (MUNARI, 1978). A constatação de que é da natureza da espécie humana modificar o meio de forma intencional pode levar à busca da origem da capacidade criadora do ser humano até o discernimento entre instinto e cultura, ou seja, a herança de um comportamento por replicação genética ou a replicação de um comportamento a partir do contato social. Se o ser humano é dependente dos objetos, eles são uma criação instintiva ou cultural?

A língua é claramente uma característica cultural, uma vez que existem diferentes línguas dominadas por diferentes grupos de seres humanos em diferentes partes do mundo. A habilidade de falar, por outro lado, é uma característica universal da espécie, adquirida dos pais por hereditariedade. Mas de que valeria a habilidade de produzir uma gama suficientemente variada de sons, que fossem capazes de transmitir uma determinada informação, se nenhum ser humano compartilhasse o mesmo código sonoro, podendo, assim, entender a mensagem? Fica evidente, neste exemplo, a dependência entre o que a natureza provê ao indivíduo e o que é transmitido a ele durante sua socialização.

Pinker (2004) esclarece essa relação dizendo que “na maioria dos casos, a explicação correta invocará uma complexa interação entre hereditariedade e ambiente: a cultura é crucial, mas a cultura não poderia existir sem faculdades mentais que permitam aos seres humanos criar e aprender a cultura.” A visão moderna postula que fenótipos se manifestam pela união da influência do ambiente com a herança genética. Da mistura entre cultura e constituição genética, nasce um grupo particular de características, comuns aos diferentes grupos de seres humanos, que são chamadas de universais humanos.

Universais humanos são exteriorizações de comportamento observadas por etnógrafos e compiladas por Donald E. Brown a partir de 1989¹. Entre eles estão, por exemplo, a linguagem e o fogo. As diferentes culturas apresentam 377 universais humanos, ou características comuns de comportamento (BROWN apud PINKER, 2004). Destes 377, vinte e dois estão ligados à relação da espécie com objetos. São eles: abrigo; adorno corporal; alavanca; armas; arte decorativa não corporal; classificação de utensílios; controle armamentista (tentativa de); dar presentes; dependência de utensílios; entrelaçamento (por exemplo, tecelagem); feitura de utensílios; lança; material para amarrar (isto é, algo semelhante a um cordão); materialismo; recipientes; utensílios; utensílios culturalmente padronizados; utensílios para cortar; utensílios para fabricar utensílios; utensílios para triturar; utensílios permanentes; e brinquedos (objetos lúdicos).

Uma vez que a compilação dos universais humanos apresenta apenas o que seria comum a todas as culturas, isso leva a crer que toda a espécie está destinada a fabricar objetos, usá-los e dar significado a eles, independente da época e local que um grupo tenha existido ou exista. Criar objetos em profusão não torna o ser humano, de maneira alguma, mais evoluído do que qualquer outro animal do planeta. Ele somente conta com um grau de liberdade consideravelmente maior para projetar situações ideais do que aquele observado, por exemplo, no castor. É dessa liberdade que surgiram diferentes tipos de estruturas, entre abrigos e utensílios, fazendo com que a tecnologia evoluísse.

Logo, as características humanas, tanto culturais quanto hereditárias, levam à manipulação do entorno na tentativa de produzir estruturas úteis. A criação e manipulação de objetos podem ser vistas como uma porção indissociável da espécie. Os objetos são parte do fenótipo do ser humano e a habilidade para obtê-los é tanto instintiva quanto aprendida.

Passando da biologia para a tecnologia, nota-se que a velocidade da evolução tecnológica superou, e supera hoje em muito, a velocidade da evolução natural. Segundo Ridley (2010), estudos arqueológicos demonstram que, em determinado período, os esqueletos dos ancestrais do ser humano se modificavam mais do que as primitivas ferramentas de pedra que eles dominavam. Ou seja, durante milhares de gerações, não existiu mudança nos formatos e nas

¹ A lista foi originalmente publicada em BROWN, Donald E. **Human universals**. New York: McGraw-Hill, 1991. E está presente também em WILSON, Robert A. KEIL, Frank. C. **The MIT encyclopedia of the cognitive sciences (MITECS)**. Cambridge: MIT Press, 2001.

funções das ferramentas que são encontradas junto aos fósseis de uma espécie que estava em visível evolução. Porém, hoje, a troca de informações é tão intensa que aquilo que autores como Diamond (2005) apontaram como uma aceleração da tecnologia acaba por assumir uma escala sem precedentes.

Os procedimentos de elaboração e obtenção de objetos úteis à espécie humana acompanharam essa aceleração. Mesmo que no passado a grande maioria dos produtos dependesse apenas da habilidade manual de uma pessoa, a indústria hoje depende de uma variada gama de profissionais ligados ao desenvolvimento de produtos. A atividade de projetar chegou a ser nivelada a outras áreas do conhecimento, como as Ciências e as Humanidades, tamanha a sua importância e peculiaridade (ARCHER, 1995).

A visão moderna do desenvolvimento de produtos é resultado de duas recentes evoluções históricas. A organização do trabalho e o processo de mecanização, iniciados no século XVIII. Tais evoluções separaram o artesão do operário, dando origem a um novo modo de produção que separava o processo de fabricação, do projeto do produto. Essas mudanças também possibilitaram o aumento da disponibilidade e da diversidade dos bens de consumo. A expansão da produção elevou a atividade de projetar a uma profissão especializada (CROSS, 2008). O desenvolvimento, a fabricação e a distribuição foram particionados e nenhum trabalhador sozinho lidava com a complexidade crescente dos novos produtos. O projeto do produto acompanhou esse aumento de complexidade até que, no início do século XX, antever as características de um produto a ser fabricado se tornou uma área de interesse também do meio acadêmico (BÜRDEK, 2006).

Existem vantagens na especialização da atividade de projetar e na capacidade de produzir objetos em grandes quantidades. Toda a sociedade se beneficia do conforto e da proteção desses objetos. Entretanto, um aspecto às vezes esquecido é que, na tentativa de produzir por meio de máquinas que emulam ações outrora realizadas por seres humanos, estes acabam por agir de forma automatizada. O operador de uma máquina, hoje, diferente do artesão, experimenta situações nas quais sua única responsabilidade é alimentar uma máquina com matéria-prima que irá passar por um processo que ele desconhece para ser moldada em uma forma que não é do seu controle.

Essa situação expõe uma consequência que contrasta com a liberdade de ação que o ser humano adquire tanto genética quanto culturalmente. Com a atividade de projetar também separada do processo de disponibilizar um produto para o uso, passa a ser uma responsabilidade do desenvolvimento do produto evitar a subutilização da capacidade humana. Tanto os usuários primários (responsáveis pela fabricação) podem ter suas tarefas enriquecidas quanto os usuários finais (os consumidores) podem ter uma experiência de uso mais significativa e distante do consumismo.

Quando alguns indivíduos, sozinhos, tomam decisões quanto à conformação dos objetos (que são então replicados com exatidão inúmeras vezes) pode ocorrer a perda da variedade, um elemento importante da evolução tanto natural quanto tecnológica. Certa falta de variedade foi experimentada, por exemplo, até os anos 1920 na indústria automobilística. Um dos fatores que abriu espaço para empresas concorrentes foi justamente a padronização extrema do Modelo T da Ford. Essas empresas também dominaram a produção orientada para um mercado de massa em uma economia de escala, porém avançaram em alguns aspectos. Compreenderam que a inovação é capaz de modificar substancialmente um mercado, um conceito que viria a ser detalhado por Joseph Schumpeter em 1942, com o nome de destruição criativa (SCHUMPETER, 1984). Schumpeter afirma que a base do avanço econômico é a inovação introduzida pelo empreendedor. Alfred Sloan, o empreendedor neste caso, introduziu modelos, cores e desempenhos diferentes e inovadores no mercado, transformando o automóvel, na época, de um utilitário rural (o Ford T) para uma sala de estar sobre rodas (modelos da General Motors) (CLARK; FUJIMOTO, 1991).

A inovação depende de um projeto, que é o processo que culmina em uma descrição detalhada de um produto para sua posterior fabricação. Partindo de uma necessidade, ele passa por uma fase de coleta de informações; geração de novas informações no formato de alternativas; avaliação dessas alternativas; e comunicação da solução escolhida com suas especificações. O objetivo do projeto de um produto é extrair o melhor, tanto do modo de produção moderno, que é capaz de garantir o acesso da maioria ao conforto e à segurança que os produtos propiciam, quanto da criatividade humana, responsável pela variedade de soluções que impulsiona a tecnologia e a economia no modo em que atualmente está organizada a nossa sociedade.

O projeto de um novo produto surge da detecção de uma necessidade e pode ser visto como um processo de resolução de problemas. A detecção de uma necessidade é para Bonsiepe (s/d) a procura por uma situação de desajuste na população ou no ambiente. Este processo de detecção e resolução não é exclusivo da Engenharia ou do Desenho Industrial/Design.

É projetista qualquer um que invente sequencias de ações com a finalidade de alterar de situações existentes para situações preferidas. A atividade intelectual que produz objetos materiais não é fundamentalmente diferente daquela que prescreve remédios para um paciente doente ou aquela que planeja novas formas de venda para uma empresa ou políticas de bem-estar para o governo. Projetar, assim entendido, é o núcleo de toda a capacitação profissional, é a marca principal a distinguir os técnicos dos cientistas. Escolas de Engenharia, bem como escolas de Arquitetura, Administração, Educação, Direito, e Medicina, têm todas como preocupação central o processo projetual (SIMON, 1996, p.111).

Assim sendo, um projeto deve transformar o estado atual em uma situação desejada, onde um objetivo é alcançado. O processo de transformação é justamente o objeto de estudo da metodologia (BONSIEPE, 1978) e a escolha de um método para realizar essa transformação depende do entendimento do problema, que define o produto a ser projetado. A noção de produto somente como algo fabricado por uma empresa e vendido para um consumidor não reflete a complexidade das relações entre os envolvidos no desenvolvimento de um novo produto e o ambiente. E como adverte Guimarães (2006):

Já no que tange o desenvolvimento de produto, a vida e descarte do mesmo não tem sido de domínio nem do marketing e nem da Engenharia (áreas que tendem a dominar o processo de desenvolvimento de produto), cabe ao designer assumir esta responsabilidade e assumir sua posição de destaque na concepção de produtos necessários e sustentáveis. O desenvolvimento sustentável remete à idéia de uma sociedade capaz de manter, a médio e longo prazos, um crescimento econômico e um padrão de vida adequados que advém do desenvolvimento social, econômico e ambiental equilibrados, onde seja possível gerar mecanismos de distribuição de riquezas devidamente distribuídas em todas as comunidades considerando a fragilidade e a interdependência dos recursos naturais que possibilitam esta riqueza (GUIMARÃES, 2006).

Diante de tantas e tão variadas dimensões que um produto deve atender, a complexidade dos problemas de desenvolvimento de produtos parece aumentar com a conscientização da responsabilidade do ser humano sobre a sua cultura material. O desenvolvimento de produtos não é uma questão somente tecnológica. Ele é uma atividade que diferencia o ser humano dos

outros animais (DIAMOND, 2006), mas acostumar-se com o conforto gerado pelo uso dos objetos torna mais difícil a percepção do desconforto que a falta de responsabilidade no uso dessa capacidade pode acarretar.

1.1 Os modelos de desenvolvimento de produtos

A organização do trabalho, citada anteriormente, está ligada à ideia do projeto separado da produção. Segundo Jones (1992, p. 20), especificar dimensões de antemão tornou possível a divisão da manufatura, que passou a ser realizada por diferentes pessoas, e também facilitou os grandes projetos arquitetônicos, navais e de infraestrutura. O projeto como uma atividade usual ao ser humano coincide com o início da Idade Moderna (VAN DER LINDEN et al., 2010). O texto *De re aedificatoria* de Leon Battista Alberti, escrito por volta de 1450 (ANSTEY, 2005), já trata do projeto como elemento separado da realização, dando a entender que a atividade do projetista já era conhecida nesta época. É difícil precisar quando o conceito de antever e comunicar a forma de sanar uma necessidade realmente começou a ser utilizado para a conformação de objetos, edificações e estruturas.

Afirmar que o ser humano passa a projetar no início de um período histórico é apenas uma forma de facilitar a compreensão. Assim como acontece com a História, que utiliza simplificações como no caso de uma data específica para o início de um período, muitos modelos de desenvolvimento de produto também recorrem à simplificação a fim de definir eventos ao longo do tempo. Modelos como o apresentado pela *Verein Deutscher Ingenieure* na VDI 2221 organizam o processo de desenvolvimento de produtos em fases, separando a definição do problema da geração de alternativas (Figura 1.1). Com a análise dos modelos do desenvolvimento de produtos é possível identificar, em alguns deles, semelhança com o método cartesiano, que preconiza a divisão de um problema em quantas partes forem necessárias a fim de facilitar a sua solução.

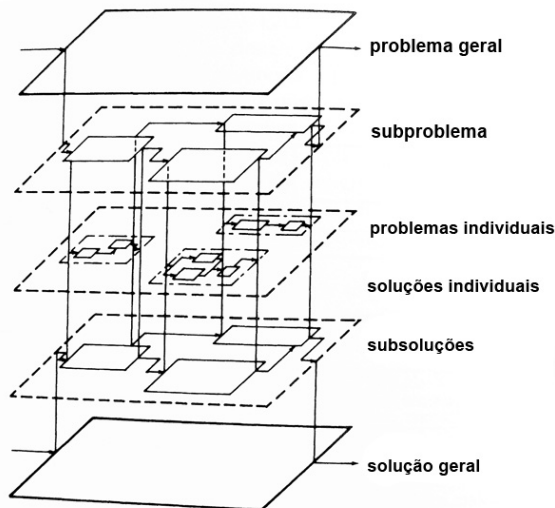


Figura 1.1 – Modelo VDI 2221 do desenvolvimento de sistemas técnicos e de produtos (CROSS, 2008, p. 40)

De modo geral, os modelos de desenvolvimento de produtos são representações lineares em que a distinção entre a formulação do problema e a solução do problema aparece na forma de etapas distintas ao longo do processo. A formulação do problema corresponderia à porção analítica do método, quando o projetista definiria os componentes do problema e daria especificações aos requisitos. A solução do problema seria a fase responsável pela síntese das informações decupadas em uma solução viável. Para Roozenburg e Cross (1991), os modelos próprios da Engenharia se caracterizam por serem prescrições racionais do processo projetual fundamentadas na teoria dos sistemas, porém, tais modelos apresentariam lacunas em relação aos processos cognitivos do projetista. Em resposta à discrepância entre os modelos prescritivos e o que era observado na prática, como resultado do aumento do número de pesquisas utilizando protocolos de sessões de projeto, surgem os modelos descritivos do processo projetual, como o exemplo da Figura 1.2.

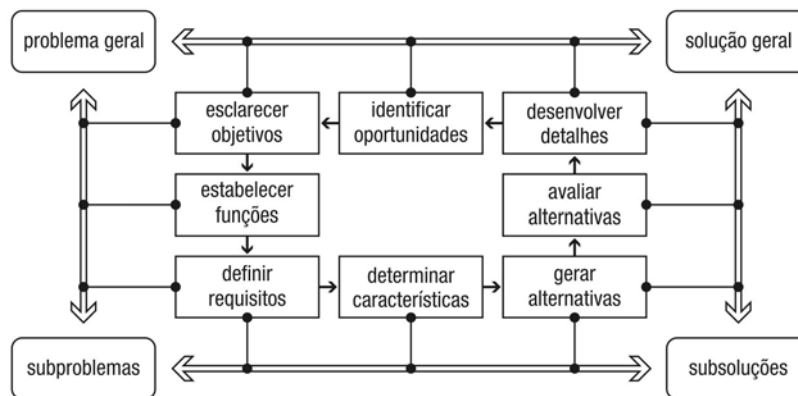


Figura 1.2 – Modelo com simetria entre o problema e a solução (ROOZENBURG; CROSS, 1991; CROSS, 2008)

Dois livros publicados recentemente sobre o projeto de produtos e a gestão desse processo de desenvolvimento, que possuem influência no ambiente acadêmico nos cursos de Engenharia de Produção do sul do Brasil, dividem o processo de desenvolvimento de produtos em fases (Figuras 1.3 e 1.4). A porção de projeção, ou seja, a ação de projetar, nos dois modelos é dividida de forma similar. Enquanto que em Back et al. (2008) a elaboração do projeto do produto é realizada nas fases projeto informacional, projeto conceitual, projeto preliminar e projeto detalhado; em Rozenfeld et al. (2006) a macro-fase desenvolvimento conta com projeto informacional, projeto conceitual e projeto detalhado como suas fases iniciais.

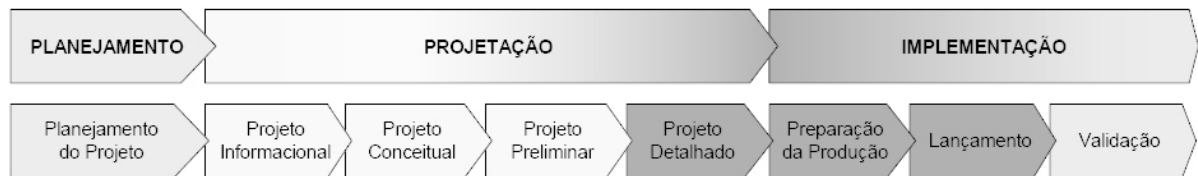


Figura 1.3 – Visão parcial da representação do processo de desenvolvimento integrado de produtos - PRODIP (ROMANO, 2003 apud BACK et al. 2008, p. 70)

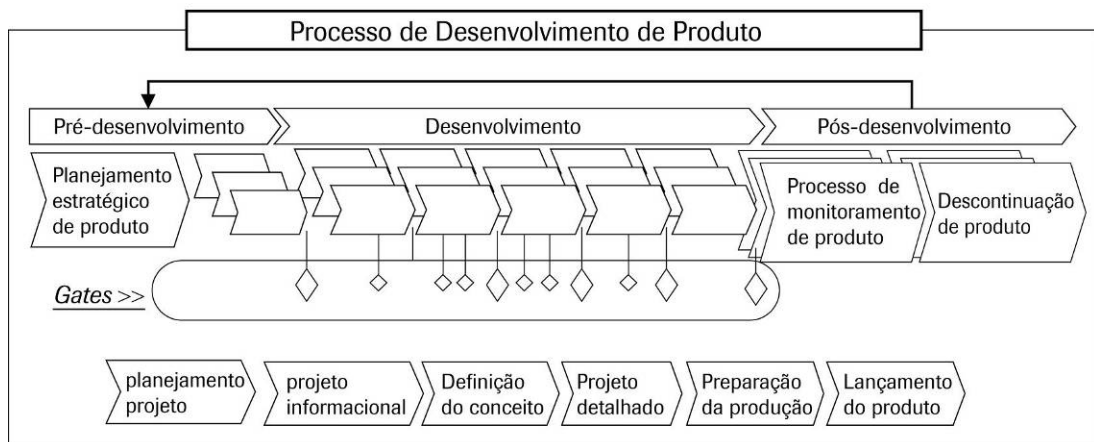


Figura 1.4 – Modelo unificado para o processo de desenvolvimento de produto – PDP (ROZENFELD et al., 2006)

A fase de projeto informacional, segundo Back et al. (2008), destina-se à definição dos fatores de influência e das especificações do projeto:

Para estabelecer as especificações de projeto, são identificadas, primeiramente, as necessidades dos clientes ou usuários, sendo estas desdobradas em requisitos dos usuários. A partir dos requisitos dos usuários são definidos os requisitos de projeto do produto, considerando diferentes atributos: funcionais, ergonômicos, de segurança, de confiabilidade, de modularidade, estéticos e legais, entre outros. (...) De posse das

especificações de projeto, são definidos: os fatores de influência no plano de manufatura; a estratégia para o envolvimento de fornecedores de componentes; as informações sobre segurança no ciclo de vida; as metas de dependabilidade; e o custo meta do produto (BACK et al., 2008, p. 75-76).

Para Rozenfeld et al. (2006, p. 212) no projeto informacional “parte-se para a definição do problema de projeto do produto na qual se busca o entendimento claro e completo do problema a ser enfrentado.” Na fase de projeto conceitual “as atividades da equipe de projeto relacionam-se com a busca, criação, representação e seleção de soluções para o problema de projeto” (ROZENFELD et al., 2006, p. 236). Para Back et al. (2008, p. 77), a fase de projeto conceitual “destina-se ao desenvolvimento da concepção de produto”. Os dois livros são úteis compêndios de melhores práticas, e seu valor está na alocação de ferramentas ao longo das fases do processo de desenvolvimento do produto.

É possível traçar um paralelo entre a segmentação do problema e a divisão do processo projetual em fases. Para van der Linden et al. (2010) o princípio cartesiano da decomposição do problema em unidades mínimas, cujas soluções parciais darão origem à solução geral, deu conta das necessidades de projeto no período funcionalista, mas foi abalado pelas mudanças no cenário sócio-econômico e filosófico no fim dos anos 1960. Mesmo os conceitos de engenharia simultânea, adotados em Back et al. (2008), e de sobreposição de atividades, citado em Rozenfeld et al. (2006), não parecem contemplar o que já é conhecido sobre a natureza dos problemas de projeto de produto. O resultado é uma espécie de acasalamento das fases que já eram comuns aos modelos prescritivos sequenciais, e não uma nova concepção de modelo de desenvolvimento de produto. Todas as representações de modelos de desenvolvimento de produtos devem ser comparadas com cautela, nunca sendo negligenciado o fato de que cada uma reflete o período em que foi desenvolvida (VAN DER LINDEN et al., 2010). Contudo, o que é latente nas visões atuais para o desenvolvimento de produtos é a forte influência da noção cartesiana de sistematicamente trabalhar com um problema cujas variáveis sofrem uma tentativa de fixação durante fase chamada projeto informacional.

A divisão entre uma fase de coleta de informações seguida por uma fase de concepção do produto pressupõe que antes que o problema de projeto comece e ser resolvido, já se saiba tudo o que for necessário sobre ele. Entretanto, pesquisas que procuraram observar o processo de desenvolvimento de produtos (MAHER ET AL., 1996; DORST; CROSS, 2001), em

particular a fase de concepção do produto, identificaram momentos em que o problema de projeto é modificado conforme as alternativas de solução geradas propiciam um melhor entendimento do problema pelos projetistas.

Apesar de improbabilidade de um modelo faseado de publicação recente deixar de afirmar que suas fases são iterativas (como Back et al. (2008) e Rozenfeld et al. (2006)), a possibilidade de que a metodologia seja alheia à natureza particular dos problemas de desenvolvimento de produtos é promissora. Uma confirmação da modificação dos problemas de projeto em função das soluções propostas pode significar o início de uma mudança no entendimento da transformação de requisitos de projeto em conceitos de produto.

Um avanço a ser considerado parte do estudo da gestão de requisitos. Conforme afirma Marx (2009) o processo de gestão de requisitos acontece ao longo dos processos de desenvolvimento, podendo ser representado como uma espiral. Assim, o entendimento emergente sobre o problema em questão seria refletido em uma lista de requisitos em constante atualização. Projetos de alta complexidade e custo demandam definições precisas de requisitos uma vez que as análises de viabilidade seriam mais precisas quanto melhor definidos estiverem os problemas de projeto.

Contudo, vendo os requisitos como componentes de um problema que durante sua resolução sofre alterações por parte do processo de proposição de consecutivos conceitos de solução, a existência de um documento de requisitos aprovados por uma gerência pode ser uma barreira para a inovação em determinados projetos. A imobilização de componentes de um problema projetual é comum (conforme Reitman, 1964, vide seção 2.2 deste documento), porém a tentativa de fixar de antemão todas as especificações de um produto em um misto de informações quantitativas e qualitativas, pode vir a ser dispendiosa e limitante em projetos de produtos de consumo que visem à inovação.

1.2 Tema e objetivos

Tema

Este é um estudo sobre o entendimento da natureza dos problemas de desenvolvimento de produto. A palavra problema, neste trabalho, não se refere às situações difíceis ou anormais

que acontecem durante o processo de desenvolvimento de um produto, mas à própria razão do desenvolvimento de um novo objeto. O problema de projeto nasce de uma necessidade e apresenta um grupo de requisitos que serão desdobrados em atributos que deverão existir no artefato que está sendo projetado. Possivelmente esses atributos não são encontrados juntos em nenhum produto existente e são derivados não somente das demandas de um usuário final, como também de outros fatores que influenciam direta ou indiretamente a formulação do problema projetual.

Objetivos

Pretende-se (i) compreender como evoluiu o entendimento sobre as características dos problemas de desenvolvimento de produtos com base na análise de trabalhos de autores que se ocuparam desta questão a partir dos anos 1950; (ii) acompanhar, de forma sistemática, a passagem da fase de coleta de informações para a fase de geração de alternativas dentro do processo de desenvolvimento de produtos simulado em ambiente acadêmico; e (iii) propor uma forma de facilitar essa transição por meio da observação das características dos problemas como um meio de escolher técnicas capazes de conduzir a geração de conceitos de solução para problemas de projeto de produtos.

Justificativa

Uma vez que a modalidade acadêmica do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção (PPGEP) permite um maior contato com os alunos da graduação, o terceiro e último objetivo é especialmente endereçado a estes alunos, que encontram obstáculos naturais ao estudar o desenvolvimento de produtos em disciplinas práticas. Por outro lado, o papel do desenvolvimento de produtos é importante quer seja visto como mais um elemento do negócio ou como a principal razão da existência de uma empresa. Espera-se que este trabalho possa auxiliar, em um primeiro momento, àqueles estudantes, mas considera-se que a contribuição possa ser válida, também, para as equipes de projeto atuantes no mercado.

Um aspecto deste estudo é a aproximação das visões do desenvolvimento de produtos próprios da Engenharia e do Design. À primeira vista, a Engenharia está ligada tradicionalmente às dimensões funcionais e tecnológicas de um produto, enquanto que o Design concentra-se em resolver questões estéticas e de uso. Mas a relação entre essas disciplinas é imune a simplificações como essa e, ao menos em ambiente acadêmico, existem

muitas preocupações comuns à Engenharia e ao Design, como é o caso do esforço para a compreensão do mercado consumidor e a latente questão da sustentabilidade.

1.3 Método e apresentação

Método

Esta pesquisa valeu-se de uma revisão bibliográfica que se estendeu da metade do século passado até os dias atuais, levantando informações sobre o estudo das características dos problemas de projeto de produtos industriais. Também foi conduzido um registro sistemático das verbalizações que ocorreram durante o projeto de um produto em sala de aula, realizado em grupos. Estes dados foram organizados em uma árvore de decisões, que indica o caminho escolhido pela equipe de projeto, o tempo ao longo do processo em que as decisões foram tomadas e os requisitos lembrados durante a sessão. Baseado nestes dados, uma nova revisão agrupou técnicas conhecidas de geração de alternativas e cruzou as demandas por informação das técnicas com as características de projetos de desenvolvimento de produtos, a fim de balizar a aplicações destas técnicas.

Limitações

Ao resgatar conceitos das décadas de 1960 e 1970 – principalmente no capítulo dois, referente ao primeiro dos três artigos que compõe esta dissertação – é grande o risco de descreditar mais de quarenta anos de desenvolvimento da metodologia de desenvolvimento de produtos. Todavia, a intenção deste trabalho é recolocar em pauta uma discussão que não aparece como superada nos trabalhos atuais.

Estrutura do documento

Os próximos capítulos – 2, 3 e 4 – estão formatados como se fossem artigos e podem ser lidos separadamente (Figura 1.5). Entretanto, aqui, eles foram reunidos em uma determinada ordem com o intuito de transmitir o caminho escolhido para explorar o tema. O capítulo 2, de caráter teórico, revisa a evolução do entendimento das qualidades distintivas dos problemas projetuais. A experiência com estudantes de graduação dos cursos de Engenharia e Design compõe o capítulo 3, que busca identificar momentos de coevolução entre o problema e a solução durante o projeto conceitual de um novo produto. O capítulo 4 une as informações dos dois capítulos anteriores ao propor uma forma de escolha de ferramentas para a geração

de alternativas. Segue um capítulo final, que comenta o estudo e apresenta algumas direções para pesquisas posteriores.

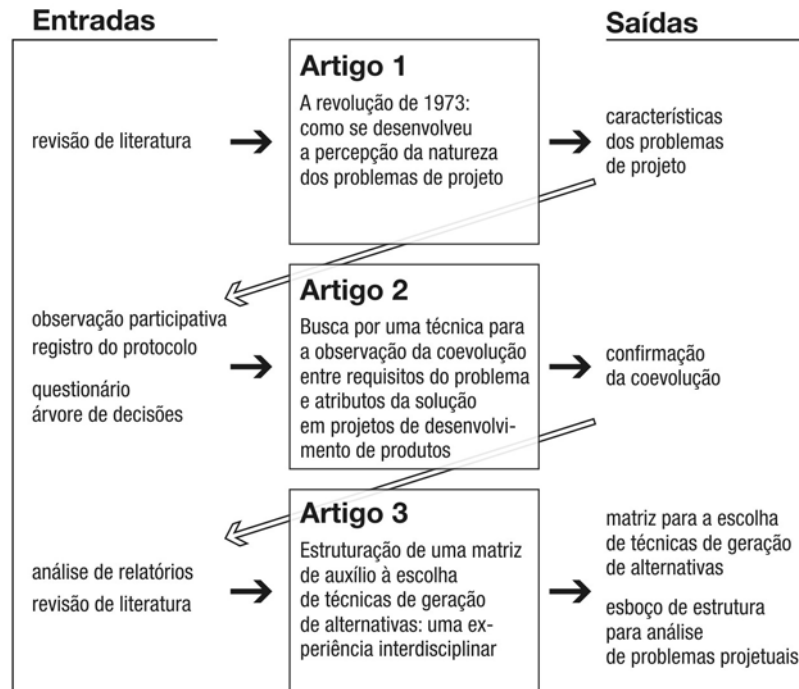


Figura 1.5 – Estrutura da dissertação

Referências

- ANSTEY, Tim. **The ambiguities of disegno**. The Journal of Architecture, vol. 10, n. 3, pp. 295-305, 2005.
- ARCHER, Bruce. **The nature of research**. Co-design, janeiro, p. 6-13, 1995.
- BACK, Nelson; OGLIARI, André; DIAS, Acires; SILVA, Jonny Carlos da. **Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem**. Barueri: Manole, 2008
- BONSIEPE, Gui. **Vivisseção do desenho industrial**. Rio de Janeiro: PUC-RJ, s/d.
- BONSIEPE, Gui. **Teoría y práctica del diseño industrial: elementos para uma manualística crítica**. Barcelona: Gustavo Gili, 1978.
- BÜRDEK, Bernhard. E. História, **Teoria e prática do design de produtos**. São Paulo: Blücher, 2006.
- CROSS, Nigel. **Engineering design methods: strategies for product design**. Chichester: John Wiley & Sons, 2008.
- CLARK, Kim B.; FUJIMOTO, Takahiro. **Product development performance: strategy, organization, and management in the world auto industry**. Boston: Harvard Business School Press, 1991.
- DAWKINS, Richard. **O gene egoísta**. São Paulo: Companhia das Letras, 2007.

- DAWKINS, Richard. **A grande história da evolução**. São Paulo: Companhia das Letras, 2009.
- DIAMOND, Jared M. **Guns, germs and steel: the fates of human societies**. New York: Norton, 2005.
- DORST, Kees; CROSS, Nigel. **Creativity in the design process: co-evolution of problem-solution**. Design Studies, vol. 22, pp. 425-437, 2001.
- GUIMARÃES, L. B. de M. **Design sustentável brasileiro: o processo projetual é dificultado pela falta de informações?** In: 6º ERGODESIGN 6º Congresso Internacional de Ergonomia e Usabilidade de Interfaces Humano-Tecnologia e 1º Simpósio Internacional de Design Ergonômico e Interfaces Homem X Tecnologia. Bauru: UNESP/FAAC, 2006.
- JONES, John C. **Design methods**. New York: Wiley, 1992.
- MAHER, Mary L.; POON, Josiah; BOULANGER, Sylvie. **Formalising design exploration as co-evolution: a combined gene approach**. In: GERO, John (ed.). Advances in formal design methods for cad. London: Chapman & Hall, 1996.
- MARX, Ângela M. **Proposta de método de gestão de requisitos para o desenvolvimento de produtos sustentáveis**. 2009. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção)– Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.
- MUNARI, Bruno. **A arte como ofício**. Vila da Feira: Presença, 1978.
- PINKER, Stephen. **Tábula rasa: a negação contemporânea na natureza humana**. São Paulo: Companhia das Letras, 2004.
- REITMAN, Walter R. **Heuristic decision procedures, open constraints, and the structure of ill-defined problems**. In: BRYAN, G. L.; SHELLY, M. (eds.). Human Judgments and Optimality. New York: Wiley, 1964.
- RIDLEY, Matt. **When ideas have sex**. Palestra em vídeo. Disponível em: http://www.ted.com/talks/lang/eng/matt_ridley_when_ideas_have_sex.html Acesso em 26 de julho de 2010.
- ROOZENBURG, Norbert F. M.; CROSS, Nigel G. **Models of the design process: integrating across the disciplines**. Design Studies, vol. 12, n. 4, p. 215-220, outubro, 1991.
- ROZENFELD, Henrique; FORCELLINI, Fernando A.; AMARAL, Daniel C.; TOLEDO, José C.; SILVA, Sergio L.; ALLIPRANDINI, Dário H.; SCALICE, Régis K. **Gestão do desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo**. São Paulo: Saraiva, 2006.
- SCHUMPETER, Joseph A. **Capitalismo, socialismo e democracia**. Rio de Janeiro: Zahar, 1984 (1942).
- SIMON, Herbert A. **The sciences of the artificial**. Cambridge: MIT, 1996.
- VAN DER LINDEN, Júlio C. de S.; LACERDA, André P. de; AGUIAR, João P. O. de. **A evolução dos métodos projetuais**. In: Anais do 9º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design. São Paulo: Blücher e Universidade Anhambí Morumbi, 2010.

2 A REVOLUÇÃO DE 1973: COMO SE DESENVOLVEU A PERCEPÇÃO DA NATUREZA DOS PROBLEMAS DE PROJETO

Resumo

Sob influência da inteligência artificial e de outras matérias surgidas no pós-guerra, o desenvolvimento de produtos passou a ser encarado com um processo de resolução de problemas. Neste artigo, a divisão entre problemas bem definidos e mal definidos é discutida partindo do comentário inicial de Walter Reitman de 1964. Segue uma comparação entre dois artigos publicados em 1973, um por Herbert A. Simon e outro por Horst W. J. Rittel e Melvin M. Webber, que assumem a incerteza inerente ao processo de resolução de problemas mal definidos, todavia expondo visões fundamentalmente diferentes. A evolução deste tema é acompanhada com base na revisão de artigos publicados até recentemente e com o respaldo de estudos que confirmam os problemas de projeto como pertencentes à categoria de problemas mal definidos.

Palavras-chave: problema mal definido; problema mal estruturado; teoria do desenvolvimento de produto

Abstract

From artificial intelligence and other disciplines that flourished in the post-war period, arose the notion of product development as a problem solving process. The first contribution, by Walter Reitman (1964), is revisited at length. This paper addresses the ill-defined problem characteristics through the comparison of two articles published in 1973, one by Herbert A. Simon and other by Horst W. J. Rittel and Melvin M. Webber. Both contributions accept the uncertainty inherent to the problem-solving process, although their visions of how to treat such problems differ. The evolution of this topic is followed up until today, supported by studies that confirm design problems as ill-defined problems.

Keywords: *ill-defined problem; ill structured problem; wicked problem; product development theory*

2.1 Introdução

Após a Segunda Guerra Mundial, a evolução tecnológica e científica desencadeou o surgimento concomitante de diversas disciplinas. A ascensão da pesquisa operacional, o início da computação, os processos de tomada de decisão e os estudos sobre a criatividade desempenharam forte influência nos primeiros anos de exploração dos métodos de desenvolvimento de produtos. Nos anos 1960 foram constantes as trocas de informações entre os campos da inteligência artificial, da cibernética e as teorias de resolução de problemas, principalmente nos Estados Unidos e na Europa. Sob essa influência foram publicados os primeiros trabalhos abordando a metodologia do desenvolvimento de produtos. Isso aconteceu a partir de 1962, com o livro de Morris Asimow, seguido dos livros de Christopher Alexander, Bruce Archer e John C. Jones. Todos eles abordam a metodologia do desenvolvimento de produtos, ou seja, o estudo dos métodos para a concepção dos produtos manufaturados industrialmente (CROSS, 2007).

As áreas do conhecimento citadas no parágrafo anterior encontram-se naturalmente afastadas hoje devido aos seus próprios avanços. Entretanto, a origem comum entre elas resultou em uma importante contribuição teórica. A contemporaneidade do surgimento de tais disciplinas facilitou a assimilação da noção de processo de resolução de problemas pelo desenvolvimento de produtos. A visão do projeto de uma nova estrutura como um problema a ser resolvido foi disseminada, isso é visto, por exemplo, em Newell e Simon (1961). Essa visão se tornou influente no Brasil pelas publicações na área do Desenho Industrial como Bomfim et al. (1977), Bonsiepe (1978) e Bonsiepe et al., (1984).

Os avanços iniciais sobre o entendimento das características que identificavam diferentes tipos de problemas foram conduzidos pela inteligência artificial nos anos 1960 e 1970. O impacto do conhecimento da resolução de problemas sobre a metodologia do projeto de produtos ajudou a sistematizar os modelos e ferramentas existentes nessa área. Na época, eram grandes as esperanças de que a solução para os problemas mal definidos estivesse no processo projetual (DORST, 2006).

O trabalho realizado por Walter R. Reitman, ainda na primeira metade dos anos 1960, é considerado o pioneiro, por autores como Eastman (1969), a tratar dos problemas mal definidos. Reitman chamou de problemas mal definidos aqueles cuja formulação não é

completa, ou seja, suas descrições não contêm informações suficientes para resolvê-los. Em 1973, dois artigos exploraram as características e os desdobramentos desta classe de problemas. Um foi publicado por Herbert A. Simon, e o outro é fruto de uma parceria de Horst W. J. Rittel com Melvin M. Webber. Apesar da importância das questões tratadas pelos autores para o desenvolvimento de produtos, os textos não estavam particularmente ligados a este campo. Os dois artigos são caracterizados por sua abrangência e generalidade, tangendo áreas da Psicologia e Engenharia, o que reflete os múltiplos interesses dos autores e a interdisciplinaridade do pós-guerra.

Contudo, a discussão das ideias expostas nos artigos de Simon (1973), e Rittel e Webber (1973), ainda está em curso nos trabalhos publicados na área do desenvolvimento de produtos. Estudos posteriores também ligaram o projeto de produtos à noção de problema mal estruturado ou ilimitado como em Archer (1979) e Maher et. al. (1996), e mesmo os mais de trinta anos separando os dois artigos de 1973 dos publicados por Coyne (2005) e Dorst (2006) não foram capazes de esgotar o tema da natureza dos problemas projetuais.

Pretende-se apresentar um panorama histórico e uma comparação entre os artigos publicados em 1973 por Simon, e Rittel e Webber, que desdobram o comentário inicial de Reitman (1964). Estes dois artigos são responsáveis por introduzir uma importante provocação sobre a natureza dos problemas no campo do desenvolvimento de produtos, justamente pela divergência entre os autores. Apesar de partirem de uma observação comum, a contribuição de Simon se diferencia da contribuição de Rittel e Webber no que diz respeito à sugestão da maneira de como deveriam ser tratados os problemas mal-estruturados ou ilimitados.

Muitos dos textos revisados aqui foram publicados originalmente nas décadas de 1950, 1960 e 1970 e contextualizam uma época frutífera para a metodologia do desenvolvimento de produtos, cujos resultados perduram até hoje. A implantação das ideias expostas nos artigos analisados pode auxiliar a formação de um conhecimento capaz de facilitar a percepção das características dos problemas de desenvolvimento de produto e possivelmente auxiliar a escolha de métodos adequados para a sua resolução, tanto por parte de estudantes quanto de profissionais ligados à área.

Este artigo está organizado em quatro seções. A primeira retoma os trabalhos relacionados, traçando uma evolução do entendimento da natureza dos problemas de projeto. A segunda

seção apresenta as visões dos autores dos dois artigos principais deste estudo. Em seguida são discutidos os avanços recentes que referenciam essas ideias e, na última seção, é apresentado um fechamento com as propostas dos autores sumarizadas, retomando as principais características deste tipo específico de problema encontrado no desenvolvimento de produtos.

2.2 Avanços anteriores

O processo de resolução de problemas passou a contar com o interesse dos pesquisadores quando máquinas atingiram a capacidade de operar com um volume suficiente de informações, habilitando-as a realizar tal processo. A partir da metade do século XX, a pesquisa sobre inteligência artificial cresceu, tendo como um dos seus temas justamente a programação do processo de resolução de problemas em sistemas artificiais. Em 1956, ainda quando o conhecimento sobre inteligência artificial evoluía por estudos basicamente especulativos, John McCarthy caracterizou os problemas que uma máquina de Turing (um computador conceitual) poderia resolver como problemas bem definidos (*well-defined problems*). Segundo McCarthy (1956) um problema é bem definido se existe um teste que pode ser aplicado à solução proposta. Se a solução proposta for uma solução válida, o teste deve confirmar a validade da solução em um número finito de passos. Caso a solução proposta não for válida, o teste deve indicar isso em um número finito de passos, ou então seguir indefinidamente. Essa definição foi o ponto de partida para uma série de estudos sobre as características dos diferentes problemas.

No final do artigo de McCarthy (1956) existem seis observações, separadas do texto principal. O interesse recai sobre a última dessas observações. O autor, usando somente o termo “bem definido”, explora a existência de outra categoria de problemas, cujas soluções encontradas não seriam definitivas:

Nem todo o problema válido é bem definido no sentido deste artigo. Em particular, se existirem respostas mais ou menos satisfatórias, sem um modo de decidir se uma resposta já obtida pode ser melhorada em uma quantidade razoável de tempo, o problema não é bem definido (MCCARTHY, 1956).

Marvin Minsky, em 1961, publicou o artigo intitulado *Steps toward artificial intelligence*, e nele também debateu a resolução de problemas por computadores, analisando os programas

desenvolvidos com essa finalidade até então. Minsky (1961) cita McCarthy (1956) ao fazer a ressalva de que os problemas resolvidos por tais programas eram bem definidos, ou seja, pressupunham a existência de um modo sistemático para decidir se as soluções propostas eram aceitáveis. Como exemplo de problemas bem definidos, Minsky (1961) citou a comprovação de teoremas matemáticos e os jogos com regras precisas de movimentação e contagem de pontos.

A característica principal atribuída por McCarthy e Minsky para a categoria de problemas chamados bem definidos é a possibilidade de aplicar um teste que valide ou invalide a solução proposta. Esse teste teria a forma de uma análise exaustiva, tanto no sentido de completa quanto no sentido de consumidora de recursos finitos, no caso, a capacidade limitada de processamento de dados de máquinas programáveis. Minsky (1961) advertiu que tal análise é inviável em muitos dos problemas reais. A partir dessa premissa, os problemas bem definidos foram chamados de triviais pelo autor, uma vez que suas respectivas soluções poderiam ser encontradas por meio de um processo cego que buscasse, dentre todas as possibilidades existentes, as que seriam adequadas.

Partindo da mesma observação de Minsk (1961), e acrescentando que muitos dos trabalhos sobre resolução de problemas realizados até então tratavam exclusivamente de problemas bem definidos, Walter R. Reitman debruçou-se sobre o que seriam os problemas mal definidos. Para Reitman (1965, p.126), um problema ocorre em um sistema que recebe uma descrição cujo elemento capaz de satisfazê-la não é conhecido por este sistema. Apesar do termo “problema” ser utilizado em diversas situações no dia-a-dia, essa definição se encaixa muito bem no contexto do desenvolvimento de produtos, tendo sido citada, por exemplo, por Bonsiepe (1978). Mesmo não fugindo de uma visão tecnicista, essa é uma definição bastante sintética e aparentemente correta, o que permite aplicá-la em uma variedade de situações.

Reitman estudou as partes que compõem os problemas e propôs uma estrutura geral. Essa estrutura pode não ser capaz de representar todos os problemas que por ventura venham a ser encontrados, mas é, ainda hoje, adequada para a discussão das características dos problemas em diversas áreas. Para Reitman (1964), um problema poderia ser representado de forma simples, a partir de três componentes básicos: um estado inicial (A), um estado desejado (B) e uma sequência de ações (\rightarrow).

Qualquer vetor $[A, B, \rightarrow]$ será um *vetor problema* se estiver associado a uma *necessidade do problema*. A necessidade especifica que outro vetor $[A', B', \rightarrow']$ pode ser descoberto e que A', B', \rightarrow' serão elementos de A, B, \rightarrow , respectivamente, e que o processo \rightarrow' aplicado a A' levará a B' exclusivamente, e que escreveremos como $A' \rightarrow' B'$. (...) Se algum $[A', B', \rightarrow']$ é achado e satisfaz a necessidade do problema, é dito que o problema está *resolvido*, e $[A', B', \rightarrow']$ é chamado de *solução* (REITMAN, 1964, p.288-289, grifos do autor).

Reitman (1964) propôs seis tipos de problemas baseados nessa estrutura (Figura 2.1), apesar de lembrar que o número de tipos de problemas que podem ser representados depende do foco e do nível de detalhamento que se impõe sobre a questão. Essa tipologia particular analisa características formais dos problemas de transformação ou criação e seu valor está no estudo dos sistemas de resolução de problemas. Para Reitman (1964) é fundamental entender a estrutura do problema se a intenção for estudar o processo de resolução de problemas, seja ele realizado por máquinas, seres humanos ou outros animais.

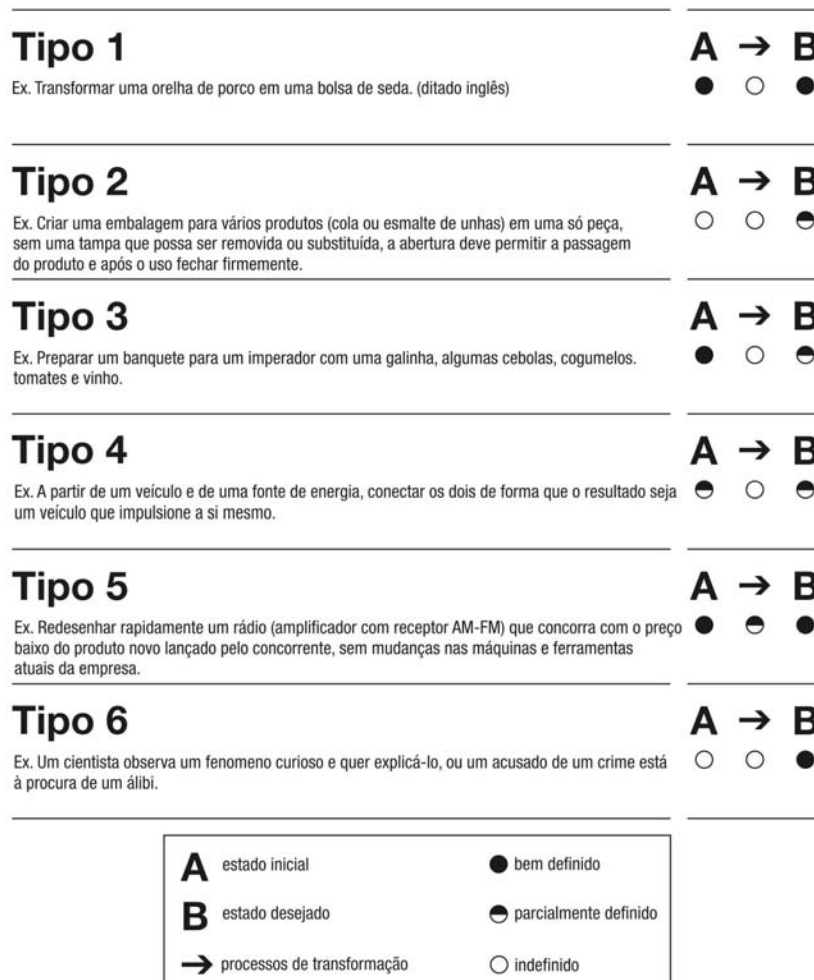


Figura 2.1 – Estrutura geral para a análise de problemas. Elaborado a partir de Reitman (1964).

Na Figura 2.1 são descritas analogias de diferentes origens utilizadas por Reitman para exemplificar os tipos de problemas. No primeiro caso, por exemplo, o autor utiliza um ditado popular, no terceiro, a história de um cozinheiro francês que, mesmo enfrentando a escassez da guerra, deve preparar um banquete para comemorar a vitória de um general. Os problemas tipo 1 tem os estados iniciais e desejados bem definidos, restando ao sistema que irá resolver o problema a decisão sobre os processos de transformação entre esse ponto de partida conhecido e a condição final descrita. Os problemas do tipo 2 são aqueles que partem de uma necessidade na forma de uma função, no exemplo, algo que acondicione produtos viscosos, o que configura vagamente um estado desejado. Além disso, os estados iniciais e os processos de transformação estão totalmente indefinidos, não sendo apresentada uma forma ou um material que sirva de ponto de partida para atender a função requerida, diferentemente dos problemas do tipo 1. O tipo 3 descreve os problemas que tem o estado inicial bem definido (a lista de ingredientes disponíveis), os processos de transformação ainda desconhecidos e o estado desejado é parcialmente definido, aparecendo apenas como uma necessidade primitiva (diferente de um prato específico). Os do tipo 4 descrevem problemas de união entre componentes pouco definidos, um outro exemplo para este tipo de problema descrito por Reitman (1964) trata de como (operação indefinida) conectar (estado desejado vago) dois tubos de diâmetros diferentes (estado inicial). Os problemas do tipo 5 tem os estados iniciais e finais bem definidos, mas demandam alta criatividade nos processos de transformação devido às restrições que a plena definição dos estados impõe sobre as operações possíveis. O sexto e último tipo de problema descrito pelo autor, e por ele considerado mais complexo, diz respeito às situações em que o estado final é bem definido (o fenômeno observado pelo cientista ou a liberdade almejada pelo acusado), mas se pretende definir de onde este estado partiu e o que levou até ele.

Mesmo o primeiro tipo de problema proposto por Reitman (1964), cujos estados iniciais e finais estão relativamente definidos, difere de um problema cujos estados estão fixados, como é o caso de um cálculo simples ou a montagem de um quebra-cabeça. A repetição da operação de busca e justaposição das peças de um quebra-cabeça seria capaz de resolver todos os quebra-cabeças infantis, assim como os procedimentos que resolvem uma equação de segundo grau resolvem todas as equações de segundo grau. Porém Reitman (1964) adverte que as mesmas operações que transformariam uma orelha de um porco em uma bolsa de seda,

no exemplo do problema de tipo 1, podem não funcionar em uma outra orelha de porco, mesmo que ela tenha tamanho e formato similar.

Os problemas em questão são mal definidos (*ill-defined problems*). Para Reitman (1964 e 1965), quase todos os problemas enfrentados pelo ser humano são mal definidos. Os problemas bem definidos dependeriam de um espaço muito limitado de operação e isolado do ambiente externo. Quando um atributo de um componente do problema exige um valor para que o problema possa ser resolvido, mas este valor não é especificado, o próprio sistema necessita assumir a tarefa de especificá-lo. Para Reitman (1964) a tarefa de redefinir um problema mal definido constitui, ela própria, outro problema mal definido. O autor também sugere que, ao menos até a época em que os textos foram escritos, o ser humano seria o único sistema capaz de resolver problemas mal definidos.

A estrutura do problema em três componentes não é pensada de forma que exista uma relação temporal entre eles. Ela não deveria indicar que partindo de um estado inicial, um sistema que depois se ocupasse dos processos e operações, finalmente chegaria ao estado desejado. A estrutura não funciona como um modelo do processo de resolução de problemas. Ela funciona como uma espécie de fotografia do entendimento do problema em um dado momento. A imagem do processo de resolução de um problema deveria ser a de uma série de vetores-problema encadeados, um após o outro, com um problema original em uma ponta e a atual e temporária compreensão do problema em outra. Cada representação do vetor problema é modificada de forma que atenda a atributos dos componentes da representação anterior (REITMAN, 1964).

Essa cadeia de representações do entendimento do problema descreve um caminho no que é chamado espaço-problema, ou seja, a própria representação mental do universo do problema, que contém o conhecimento do estado inicial e do estado desejado, bem como de todos os estados intermediários que podem ser acessados na ligação do início com o fim da tarefa. Cada componente do problema contém atributos, que são características que a solução que satisfaz o problema deve possuir. O objetivo do processo é chegar a uma solução que satisfaça aos atributos dos componentes do problema (estado inicial, operadores e estado desejado). Os atributos limitam a busca por uma solução válida dentro do espaço-problema. Para Reitman (1965), os problemas são modificados ao longo do processo de resolução e assumem diversos

níveis de definição conforme a informação é agregada, em forma de atributos, aos componentes do problema.

Eastman publica, em 1969, durante uma conferência sobre inteligência artificial, um estudo sobre a atividade que arquitetos naturalmente realizam ao projetar uma peça de uma casa. Neste estudo, Eastman caracteriza o problema dado aos voluntários como aberto, uma vez que mais informações seriam necessárias para resolvê-lo do que as que foram fornecidas pelo examinador. Um dos principais objetivos do autor é diferenciar problemas bem definidos de problemas mal definidos. Eastman (1969) reafirma que as pesquisas conduzidas na área da resolução de problemas, até aquele momento, lidavam quase que exclusivamente com problemas considerados bem definidos, ligados à geometria, aritmética, álgebra, lógica ou xadrez. Assim, o autor volta seu trabalho para os problemas cuja formulação original não contém todos os componentes definidos. O problema escolhido, de planejamento espacial, se caracteriza por não ter um estado desejado definido, uma vez que os participantes foram solicitados a redesenhar um banheiro de modo “mais espaçoso e luxuoso”. No experimento foram registrados os esboços desenhados e as verbalizações. O trabalho de Eastman é considerado o pioneiro na utilização de protocolos de atividades projetuais (AKIN; LIN, 1995). A intenção do seu artigo, de 1969, era melhor compreender os processos realizados por seres humanos para dotar as máquinas com procedimentos heurísticos capazes de resolver problemas mal definidos.

2.3 As duas contribuições de 1973

Uma vez que a inteligência artificial é uma das fontes do conhecimento sobre desenvolvimento de produtos, é natural que um dos textos fundamentais do estudo da resolução de problemas tenha sido escrito por um dos expoentes dessa área. O autor, Herbert Alexander Simon (1916–2001), um economista agraciado com diversos prêmios, incluindo o Nobel de Economia de 1975, é um exemplo de pesquisador multidisciplinar. Simon dedicou-se à economia, psicologia cognitiva, ciência política, além da área de ciências da computação, cibernética e inteligência artificial. Entre os livros escritos por ele destaca-se, como influente para a área do desenvolvimento de produtos, *As Ciências do Artificial (The Sciences of the Artificial)*, de 1969, livro que, segundo Cross (2007), foi uma das mais importantes provocações para o campo do projeto de produtos.

O artigo intitulado A Estrutura dos Problemas Mal Estruturados (*The Structure of Ill Structured Problems*) publicado no quarto volume da revista *Artificial Intelligence*, de 1973, é reconhecido como um dos mais importantes trabalhos sobre o tema (DORST, 2006). Sob inegável influência, Simon (1973, p.182) lembra que Walter Reitman foi o primeiro a discutir de forma extensiva os problemas mal definidos. Entretanto, Simon decide utilizar o termo mal estruturado (*ill structured*) para caracterizar os problemas que apresentam lacunas de informação sobre seus componentes. Simon (1973) parte do pressuposto de que problemas mal estruturados constituem uma categoria residual, e então inicia propondo seis características que definiriam a categoria aposta, a dos problemas bem estruturados.

Para Simon (1973, p.183) um problema seria bem estruturado caso possuísse algumas ou todas as características a seguir: (i) a existência de um critério definido para testar uma solução proposta; (ii) a existência de ao menos um espaço-problema no qual seria possível representar o estado inicial, o estado desejado, e todos os outros estados intermediários que possam ser alcançados ou considerados na tentativa de solucionar o problema; (iii) a possibilidade de representar as operações que levam de um estado para outro subsequente no espaço-problema; (iv) que qualquer conhecimento que o sistema adquira sobre o problema possa ser representado no espaço-problema; (v) se o problema envolver ação no ambiente externo, a definição dos estados muda conforme o efeito de qualquer operação refletir perfeitamente as leis da natureza que governam o ambiente externo; e (vi) todas essas condições pressupõem que os processos básicos postulados requerem somente porções praticáveis de processamento de dados, e que a informação seja disponível ao processo, isto é, esteja disponível por meio de quantidades praticáveis de pesquisa.

Seguindo essas características, Simon passa a debater se dois exemplos típicos, a comprovação de teoremas e o xadrez, são de fato problemas bem estruturados. O autor conclui que ao menos uma das seis características não é satisfeita em cada um dos casos, e que, principalmente no xadrez, a distinção entre problema bem estruturado e mal estruturado depende do que está sendo analisado. Uma jogada particular, cujo objetivo seja encontrar a peça e o movimento que traga maior vantagem, pode ser vista como um problema bem estruturado. Entretanto, ao longo de uma partida de xadrez, novas informações emergem e nem sempre a jogada que traz maior vantagem é a que vai garantir a vitória na partida. Na época, modelar este problema trazia imensas dificuldades devido ao volume de informações

que deveriam ser processadas. Assim Simon defende a posição de que a divisão dos problemas entre mal e bem estruturados é vaga, fluída e não suscetível a formalização.

Segundo Simon (1973), a perfeita definição da estrutura de um problema é uma ilusão surgida da confusão sistematizada entre a idealização do problema apresentado para um sistema ideal e o problema real que deve ser resolvido por um sistema limitado. O autor conclui essa passagem afirmando que “não é um exagero dizer que não existem problemas bem estruturados, somente problemas mal estruturados que foram formalizados para que sistemas os resolvessem” e que “existe mérito na declaração de que muito do processo de resolução de problemas é feito quando da estruturação destes problemas, e somente uma fração deste processo resta uma vez que o problema está estruturado” (SIMON, 1973, p.186-187).

Ao discutir exemplos de problemas teoricamente mal estruturados, Simon (1973) cita o projeto de uma casa. Essa escolha é baseada na ausência de um critério definido para testar uma solução proposta e de um processo sistematizado para aplicar tal critério. Também inexistente uma representação definida do problema, já que essa representação envolveria todos os tipos de solução consideráveis e todos os tipos de processos para se chegar a elas. Logo, o projeto de uma casa seria, para o autor, o exemplo prototípico de um problema mal estruturado. Porém, a visão neopositivista de Simon transcende a aceitação da incerteza em problemas de projeto:

Durante qualquer curto espaço de tempo dado, o arquiteto irá encontrar-se trabalhando em um problema no qual, eventualmente iniciando de forma mal estruturada, logo se converterá, através de evocações da memória, em um problema bem estruturado (SIMON, 1973, p. 190).

Simon sustenta que não existe a necessidade de novos métodos de resolução de problemas, os conhecidos, e criados para lidar com problemas bem estruturados, seriam suficientes uma vez que todo problema é mal estruturado de modo geral, porém bem estruturado nos detalhes. Se voltarmos ao modelo proposto por Reitman (1964), o que Simon (1973) parece dizer é que os problemas serão modificados, com a intenção de definir seus componentes, e essas modificações irão alterar a classificação do problema quanto ao seu tipo, tornando-o sequencialmente mais definido (Figura 2.2).

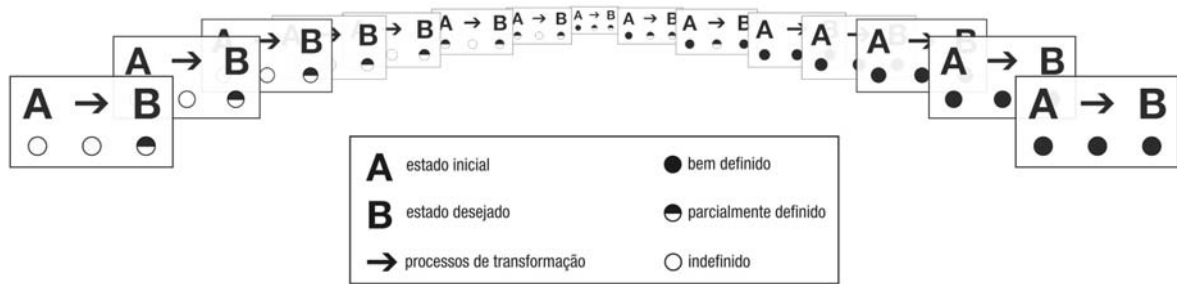


Figura 2.2 – Estágios intermediários identificáveis entre a percepção inicial e final do problema

Horst W. J. Rittel (1930–1990) foi matemático, designer e professor na *Hochschule für Gestaltung* de Ulm. No mesmo ano em que Simon publicou seu artigo sobre problemas mal estruturados, Rittel publicou, em parceria com Melvin M. Webber, o artigo *Dilemmas in a General Theory of Planning*. Nele, os autores apresentam uma classe de problemas cujos componentes não estão definidos, também delimitada por exclusão.

Para Rittel e Webber (1973), a busca por uma base científica para os problemas dos sistemas sociais está destinada a falhar por causa da natureza desses problemas. Para os autores, ao contrário dos problemas fechados comuns à ciência, os problemas de planejamento seriam ilimitados (*wicked problems*). Os exemplos de problemas bem definidos (limitados) citados neste artigo são a solução de problemas matemáticos, a análise da estrutura de compostos na química orgânica e um problema de xadrez, em que o jogador deve chegar ao cheque-mate em cinco movimentos. O pluralismo e a diferença de valores dos diferentes envolvidos seriam a origem das características próprias da classe dos problemas ilimitados. Segundo Rittel e Webber (1973), a lógica newtoniana não teria sido modificada na velocidade necessária para atender às demandas dos sistemas abertos. Como exemplos de problemas ilimitados são citadas a decisão de onde construir uma rodovia, as discussões que envolvem o ajuste de taxas de impostos, as modificações em currículos escolares e formas de combater os crimes.

A exposição de Rittel e Webber (1973) parte da asserção de que um dos mais difíceis problemas é justamente definir problemas, ou seja, conhecer o que distingue uma condição observada de uma condição desejada e a partir disso identificar que ações diminuiriam a distância entre essas duas condições. Segundo os autores, limitar o espaço do problema é a verdadeira atividade de planejamento. Então, todos os métodos que trabalham com problemas já definidos deixariam de fora a parcela mais importante do processo.

Os autores sugerem dez propriedades que identificariam os problemas ilimitados: (i) não existe uma representação definitiva para um problema ilimitado, uma vez que seria necessário antecipar todas as soluções possíveis; (ii) problemas ilimitados não contam com uma condição de término, uma vez que inexiste uma forma de estabelecer se qualquer solução encontrada é definitiva; (iii) soluções para problemas ilimitados não são verdadeiras ou falsas mas boas ou ruins, uma vez que diferentes envolvidos podem julgar a mesma solução de formas diferentes, não podendo esta ser confirmada (como uma equação), apenas aceita como satisfatória; (iv) não existe um teste imediato ou definitivo aplicável em uma solução proposta para um problema ilimitado, ao contrário do que acontece aos problemas bem definidos, a solução de um problema ilimitado, após aplicada, irá gerar consequências ao longo do tempo e não será avaliada somente por quem a propôs; (v) toda a solução para um problema ilimitado é única e, por não existir oportunidade para tentativa e erro, cada aplicação é custosa, ao contrário dos problemas de xadrez ou quebra-cabeças; (vi) problemas ilimitados não possuem um conjunto de soluções enumeráveis e descritas de forma completa, nem existe uma lista de operações válidas completamente descritas, projetos viáveis dependem de julgamentos realistas; (vii) todo problema ilimitado é essencialmente único, não sendo possível transferir soluções prontas entre problemas similares, sem adaptações; (viii) todo problema ilimitado pode ser considerado como um sintoma de outro problema, e não existe um nível natural para um problema deste tipo, sempre havendo a possibilidade de se elevar a percepção do problema para um contexto mais amplo; (ix) a escolha de uma explicação para um problema ilimitado determina a sua resolução, ou seja, a razão percebida da diferença entre o estado atual e o desejado orienta o processo de solução, a dificuldade está no julgamento dessa razão; e (x) quem planeja não deve errar, uma vez que os problemas ilimitados não tem soluções finais, quem planeja deve melhorar as condições de vida de outras pessoas, sendo essa pessoa a responsável pelas consequências que suas ações têm sobre essas outras pessoas.

A possibilidade de que o rastrear das origens de uma situação indesejada, como forma de revelar as condições entre o que é e o que poderia ser, seja a própria forma de resolver este tipo de problema é o aspecto mais importante das observações de Rittel e Webber (1973). Para os autores, não é possível entender um problema desconectado de seu contexto. Sobre isso, Rittel e Webber (1973) afirmam que a pluralidade é inevitável, que a sociedade de massa não existe na era industrial, já que a homogeneidade da população teria acabado com o fim da era pré-industrial e, ao contrário do esperado, a sociedade estaria se tornando cada vez mais

heterogênea. Portanto, os problemas ilimitados seriam cada vez mais comuns, uma vez que os interesses dos envolvidos estariam cada vez mais em conflito. Segundo Rittel e Webber (1973), diferentes grupos possuem diferentes valores, e o que satisfaz um pode causar repúdio a outro, sendo que uma solução pode ser vista, ao mesmo tempo, como uma fonte de problemas por um grupo distinto.

A busca por informações que completem as lacunas encontradas nos componentes de um problema ilimitado só pode ser realizada, segundo Rittel e Webber (1973), seguindo a orientação de uma solução primitiva. Essa solução conceitual ajudaria no desenvolvimento da percepção do problema. A Figura 2.3 representa essa visão, na forma de um processo argumentativo fundamentalmente diferente do apresentado por Simon (1973).

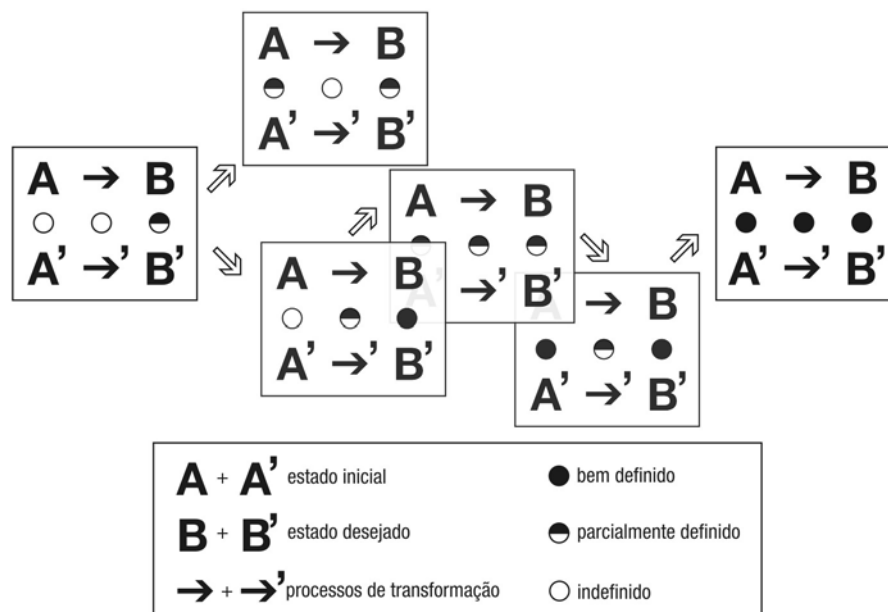


Figura 2.3 – Desenvolvimento concomitante da percepção do problema e da solução

Na Figura 2.3 está representada a proposta de Rittel e Webber (1973) para um processo argumentativo da resolução de problemas ilimitados com base na estrutura para o estudo dos problemas, proposta por Reitman (1964). Ela difere da proposição de Simon (1973), que defende que o problema deve ser estruturado para então ser resolvido. Para Rittel e Webber (1973), o processo de definir o problema faz parte da sua resolução e depende de uma proposta de solução, que interage com os componentes do problema de forma recursiva.

Os dois artigos apresentam um caráter exploratório, propondo hipóteses que dificilmente podem ser confirmadas ou negadas. Contudo, esse desenvolvimento teórico do tema teve forte impacto, nos anos seguintes, na discussão sobre metodologia. Apesar de parecer contraditório que contribuições não conclusivas sejam influentes até hoje, parte da explicação para este fato pode ser atribuída à credibilidade dos autores e a importância desta discussão para a área do desenvolvimento de produtos.

2.4 Desdobramentos e novos avanços

Com a repercussão dos textos de 1973, a má definição dos problemas de projeto de produto passou a contar com a atenção de mais pesquisadores. Porém, não é percebido o uso de conceitos únicos, aceitos de forma universal nos estudos publicados posteriormente. Mesmo a nomenclatura adotada varia entre os que seguem a de Simon (GOEL, 1992; DORST, 2006) e os que optam pela utilização dos termos de Rittel e Webber (BUCHANAN, 1992; COYNE, 2005). A maior mudança se deu na aceitação de que os problemas de projeto apresentavam uma série de características próprias. Archer (1979) confirma os problemas de projeto como mal definidos, por não conterem informações suficientes para a sua resolução direta.

Uma parcela da informação necessária pode ser descoberta simplesmente através de pesquisa, uma parte pode ser gerada através de experimentos, outra pode ser uma variável estatística, parte da informação pode ser vaga e não confiável, algo pode surgir caprichosamente ou estar ligado a preferências passageiras, e uma parcela da informação pode, na verdade, ser desconhecida (ARCHER, 1979).

Partindo da descoberta de que a diferença entre problemas do tipo quebra-cabeças e problemas abertos, encontrados no mundo real, ainda não era universalmente aceita, Vinod Goel (1992) conduz uma comparação entre uma tarefa bem estruturada e um problema de projeto. Os problemas de projeto são tomados como problemas abertos, ou problemas mal-estruturados. Goel retoma a ideia proposta por Reitman (1964) de que a informação está distribuída de forma desigual ao longo do vetor problema em tarefas mal estruturadas e se coloca em clara oposição à Simon (1973). Goel (1992) aponta as divergências entre as linhas de decomposição de problemas bem estruturado e mal estruturados. Para o autor, os dois tipos de problemas se decompõem em problemas menores, mas enquanto um problema bem

estruturado é decomposto seguindo a própria lógica do problema, em um problema de projeto as linhas de decomposição seguem a estrutura física do mundo, as interações sociais ou as preferências pessoais.

Passando para outro texto, a proposta de Buchanan (1992) de posicionar o pensamento projetual como pertencente a uma arte liberal, com base na *doctrine of placements* é digna de atenção. Buchanan (1992) retoma a lista proposta por Rittel e Webber (1973) de características que um problema precisa possuir para ser considerado ilimitado e, sobre a natureza dos problemas de projeto, afirma que a dificuldade para o projetista é conceber e planejar o que ainda não existe, e isso ocorre no contexto da incerteza dos problemas ilimitados, antes que o resultado final seja conhecido. Essa é a atividade inventiva e criativa que se utiliza da indefinição, e que cessa assim que o problema está totalmente estruturado. Buchanan (1992) sugere que o reconhecimento da incerteza peculiar ao objeto da ação do projeto é lento, assim como seu impacto na teoria do desenvolvimento de produtos.

Partindo do entendimento do processo projetual como uma transformação da formulação verbal do problema em um plano detalhado de um objeto utilizável, Jonas (1993) critica negativamente o modelo utilizado pela computação e propõe que “parece mais apropriado descrever a descoberta e resolução de problemas como um processo cíclico, dinâmico e autossustentado” (p. 166). Para o autor, o propósito do processo seria criar pontos de conexão que assegurem a sua continuidade. O modelo proposto por Jonas (1993, p. 168) coloca o “espaço solução” antes do “espaço problema”, o que reflete a ideia de Rittel e Webber (1973) sobre a importância da proposta e avaliação de uma solução para a compreensão do problema.

Lloyd e Scott (1994) apresentam um estudo que analisa a atividade de cinco engenheiros de produto e concluem que a experiência do projetista desempenha um importante papel no processo projetual. O estudo compara características de modelos de desenvolvimento da Arquitetura, da Engenharia e da Ciência da Computação.

A Engenharia disponibiliza modelos baseados na análise dos problemas seguida da síntese das soluções, o projeto é descrito como uma série de fases; cada uma é completada antes que a próxima comece. Modelos da Arquitetura são baseados na ideia de conceitos de solução que precedem a análise do problema, isto é, o projetista deve gerar a solução para assim começar a pensar sobre o problema. Modelos de programação de computadores

descrevem projetistas negociando a estrutura dos problemas de projeto, de forma regular, oportunista ou em uma combinação das duas (LLOYD; SCOTT, 1994, p. 125-126).

Coyne (2005) revisa as ideias de Simon, e Rittel e Webber e conclui que, “de fato todos os problemas tem características dos problemas ilimitados, mesmo os problemas de matemática ou os quebra-cabeças” (p. 8). Problemas de limites definidos seriam versões reduzidas, em contextos altamente restritos, dos problemas ilimitados. Seriam interpretações inventivas realizadas pelo ser humano. Coyne (2005) explora o tema a partir de diversas visões alternativas, incluindo Heidegger, Chomsky, e Deleuze e Guattari, concluindo que a fronteira entre problemas bem e mal definidos é mesmo vaga, e a discussão estará sempre ligada a questões linguísticas.

Dorst (2006) afirma que a solução racional de problemas, baseada na estrutura proposta por Simon, é o paradigma dominante no campo do desenvolvimento de produtos e, apesar das críticas a este modelo, nenhuma alternativa fundamentalmente diferente foi proposta. Uma das importantes deduções de Dorst (2006, p. 6) é que “a má estruturação do problema pode não ser, *a priori*, uma propriedade do problema, mas estar ligada às capacidades de resolução do sistema”. Neste sentido, continua Dorst, o sujeito que resolve o problema influencia a própria natureza deste problema. Dorst (2006) sustenta uma série de críticas ao artigo de Simon (1973).

...o fato de ser difícil de traçar uma linha distinguindo os problemas bem estruturados dos problemas mal estruturados não significa que não há diferenças. (...) Não existem evidências que suportem a condição de igualdade entre os dois processos de resolução de problemas. O problema aqui é que Simon modela os problemas bem estruturados e mal estruturados da mesma forma. Nunca escapando, assim, da circularidade do seu argumento, colocando de lado as óbvias diferenças entre problemas bem estruturados e mal estruturados (DORST, 2006, p. 9).

Dorst (2006) afirma que a análise empírica mostra que o processo projetual não é uma questão de ajustar o problema, com base em análises objetivas, e então pesquisar uma solução satisfatória. Para o autor, este processo é melhor descrito como a iteração da análise, da síntese e da avaliação. Dorst propõe que a comparação entre processo projetual e processo de resolução de problemas só se sustenta se a ideia de iniciar o processo a partir de um problema

bem definido for abandonada. Segundo o autor o problema será construído, e a conotação dos termos utilizados irá mudar com o esforço projetual.

A partir destes avanços posteriores às publicações de 1973, pode-se constatar que o modelo apresentado por Rittel e Webber, sofreu menos críticas e parece ter se adequado melhor à evolução do entendimento das características dos problemas projetuais. Entretanto, as contribuições de Simon não deixam de ser citadas nem nos estudos mais recentes, o que leva a conclusão de que elas nunca foram superadas e continuam relevantes.

2.5 Comentários finais

Os métodos para o desenvolvimento de produtos parecem ter evoluído inicialmente sob a égide de um pensamento alinhado com aquele apresentado por Herbert Simon. Apesar de terem sido desenvolvidas outras visões desde então, o trabalho de Simon, sobre a natureza dos problemas mal estruturados ainda influencia a metodologia do desenvolvimento de produtos. O paradigma da resolução racional de problemas, em grande parte proposto por Simon, domina este campo (DORST, 2006). Os métodos descritivos, que acompanham modelos faseados, costumam aceitar a possibilidade da falta de informações quando da primeira formulação de um problema de projeto, mas recomendam a definição do problema a fim de seguir com a geração de alternativas.

De fato, muitos cientistas e gestores, bem como alguns projetistas, continuam achando a ideia de um modelo linear atraente, acreditando que ela representa a única esperança para um entendimento “lógico” do processo projetual. Todavia, alguns críticos foram rápidos ao apontar dois óbvios pontos fracos: o primeiro é que a sequência do pensamento projetual e da tomada de decisão não é um simples processo linear; o segundo é que os problemas ligados aos projetistas não se moldam, na prática, a nenhuma análise e síntese linear já proposta (BUCHANAN, 1992).

Os primeiros métodos de projeto nasceram com a ascensão das novas aplicações e dos novos desafios criados a partir do pós-guerra. Os anos 1960 foram particularmente importantes no desenvolvimento destes métodos. Contudo, no início dos anos 1970, o contexto das mudanças sociais e econômicas e a falta de resultados dos métodos propostos até então, fomentaram a

rejeição destes métodos justamente por parte dos autores da década anterior como J. Christopher Jones, Christopher Alexander e Bruce Archer (CROSS, 2007).

Retrospectivamente eu posso ver que gastei uma quantidade imensa de tempo tentando dobrar os métodos da pesquisa operacional e as técnicas da administração aos propósitos da atividade projetual (ARCHER, 1979).

O registro dessa reação é frequente em trabalhos posteriores e, segundo Cross (1984), todo o movimento dos métodos de projeto estava ameaçado pela falta de resultados até surgir a proposta de Rittel (1972), que dividiu a metodologia em gerações. Para Rittel (1972) a primeira geração de métodos estava baseada nas premissas erradas, alheias à natureza dos problemas de planejamento e, na tentativa de aperfeiçoar estruturas acabava por enaltecer a onipotência do projetista. O autor apresenta uma lista de características que uma segunda geração de métodos deveria possuir para que fosse melhor sucedida. Entre elas está o conceito de simetria da ignorância, que postula que o conhecimento está distribuído igualmente entre todos os envolvidos no projeto e prevê métodos participativos para o desenvolvimento de produtos. Também aparece a ideia de que a resolução de um problema se dá por uma estrutura argumentativa, uma forma de debate entre requisitos e atributos, positivos ou negativos. Outro ponto listado diz respeito à constatação de que um problema é sintoma de outro problema em um nível ampliado. Para Rittel e Webber (1973) “uma pessoa não consegue entender o problema sem saber sobre o seu contexto; uma pessoa não pode realizar uma pesquisa significativa por informações sem a orientação de um conceito de solução; uma pessoa não pode primeiro entender e depois resolver”.

Mesmo assim, a visão de Simon (1973) para um limite não suscetível à formalização entre problemas bem estruturados e problemas mal estruturados é relevante. As ferramentas que lidam com problemas bem estruturados (bem definidos) não são invalidadas caso os problemas de projeto sejam considerados mal estruturados (mal definidos, ilimitados). E é inegável a facilidade que um modelo linear de desenvolvimento de produto (como muitos dos métodos reconhecidos no Brasil, vide Rozenfeld et al., 2006 e Back et al., 2008) tem ao comunicar o processo. Porém, a decomposição hierárquica do problema pode trazer dificuldades quando da junção das subsoluções. Lidar com os conflitos resultantes pode ter reflexos negativos na equipe e no andamento do projeto.

Em relação ao período em que foram escritos, o artigo de Simon vincula-se ao contexto de transformações tecnológicas, o artigo de Rittel e Webber reflete as mudanças sociais da época. Isso está ligado aos objetivos distintos dos autores: enquanto o artigo de Simon busca compreender os problemas mal estruturados a fim de desenvolver sistemas artificiais capazes de resolvê-los, o artigo de Rittel e Webber procura pelas características dos problemas ilimitados para avançar no entendimento de como o ser humano pode tratar estes problemas.

Apesar dos dois textos apresentarem a incerteza como característica dos problemas mal estruturados/ilimitados, o modelo de Simon (1973) para o processo de resolução de problemas sugere definir completamente o problema para, a seguir, pesquisar sua solução. Mesmo em situação vista por Simon como mal estruturada no geral, como ao longo de uma partida de xadrez, o processo de definição do problema seria repetido inúmeras vezes, tratando a sua resolução como uma série de problemas específicos bem estruturados. Já o modelo de Rittel e Webber (1973) propõe uma relação de dependência direta entre o problema e a solução. A diferença entre os modelos é sutil, mas fundamental do ponto de vista do método adotado para a resolução de situações que demandam uma atividade projetual que acaba adquirindo o caráter ativo de uma exploração, em contraste com a passividade de uma pesquisa. Cross (1984) afirma que se a natureza e a estrutura dos problemas de projeto forem entendidas, então métodos para lidar com eles poderão ser desenvolvidos com maior certeza de sucesso. A flexibilidade demandada pela instabilidade dos problemas de projeto poderia servir de base para a inovação.

A questão levantada por este estudo pertence a uma discussão comum não só no desenvolvimento de produto, como também em diversas atividades que se encontram entre os pólos das ciências exatas e das ciências sociais, que diz respeito à difícil união entre a sistematização e a fenomenologia. É inegável a fundamental importância de Walter Reitman para o estudo da natureza dos problemas. Porém, mais do que uma construção dialética, procurou-se apresentar as visões de Rittel e Webber (1973) e Simon (1973) como complementares no seu fundamento: a noção de que os problemas de planejamento não se apresentam bem definidos para quem tenta resolvê-los. A grande contribuição do trabalho destes autores para o projeto de produtos industriais é justamente mostrar, por pontos de vista diferentes, um conceito fundamental para uma área que trabalha com problemas mal definidos. Contudo, ao propor o projeto como um processo argumentativo, Rittel e Webber parecem ter se aproximado mais de uma representação válida para o desenvolvimento de

produtos, segundo os avanços recentes dos estudos realizados utilizando as técnicas de análise de protocolo verbais, que tiveram em Simon, curiosamente, um dos seus principais desenvolvedores (ERICSSON; SIMON, 1993).

Referências

- AKIN, Ömer; LIN, Chengtah. **Design protocol data and novel design decisions**. Design Studies, vol. 16, n. 2, p. 211-236, 1995.
- ALEXANDER, Christopher. **Notes on the synthesis of form**. Cambridge: Harvard University Press, 1964.
- ARCHER, Leonard B. **Whatever became of design methodology?** In: CROSS, Nigel (ed.) Developments in design methodology. Chichester: Wiley, 1984, p. 347-349 (Originalmente publicado em Design Studies, n. 1, vol. 1, p. 17-18, 1979).
- ASIMOW, Morris. **Introdução ao projeto de engenharia**. São Paulo: Mestre Jou, 1968 (1ª edição em inglês em 1962).
- BACK, Nelson; OGLIARI, André; DIAS, Acires; SILVA, Jonny Carlos da. **Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem**. Barueri: Manole, 2008.
- BOMFIM, Gustavo A.; NAGEL, Klaus-Dieter; ROSSI, Lia M. **Fundamentos de uma metodologia para desenvolvimento de produtos**. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 1977.
- BONSIEPE, Gui. **Teoría y práctica del diseño industrial: elementos para uma manualística crítica**. Barcelona: Gustavo Gili, 1978.
- BONSIEPE, Gui.; KELLNER, Petra; POESSNECKER, Holger. **Metodologia experimental: desenho industrial**. Brasília: CNPq, 1984.
- BUCHANAN, Richard. **Wicked problems in design thinking**. Design Issues, vol. 8, n. 2, p. 5-21, 1992.
- COYNE, Richard. **Wicked problems revisited**. Design Studies, v. 26, n. 1, p. 5-17, 2005.
- CROSS, Nigel (ed.) **Developments in design methodology**. Chichester: Wiley, 1984.
- CROSS, Nigel. **Forty years of design research**. Design Studies, v. 28, p. 1-4, 2007.
- DORST, Kees. **Design problems and design paradoxes**. Design Issues, vol. 22, n. 3, p. 4-17, 2006.
- EASTMAN, Charles M. **Cognitive processes and ill-defined problems: a case study from design**. In: Proceedings of First Joint International Conference on Artificial Intelligence (IJCAI), Washington, 1969.
- ERICSSON, K. Anders; SIMON, Herbert A. **Protocol analysis: verbal reports as data**. Cambridge: The MIT Press, 1993.

- GOEL, Vinod. **A comparison of well-structured and ill-structured task environments and problem spaces.** Proceedings of the Fourteenth Annual Conference of the Cognitive Science Society. Hillsdale: Erlbaum, 1992.
- JONAS, Wolfgang. **Design as problem-solving?** or: here is the solution – what was the problem?. Design Studies, vol. 14, n. 2, p. 157-170, 1993.
- LLOYD, Peter; SCOTT, Peter. **Discovering the design problem.** Design Studies, vol. 15, n. 2, p. 125-140, 1994.
- MAHER, Mary L.; POON, Josiah; BOULANGER, Sylvie. **Formalising design exploration as coevolution: a combined gene approach.** In: GERO, John S. (ed.). Advances in formal design methods for CAD. London: Chapman and Hall, 1996.
- MCCARTHY, John. **The inversion functions defined by turing machines.** In: SHANNON, C. E.; MCCARTHY, J. Automata Studies. Princeton: Princeton University Press, 1956.
- MINSKY, Marvin. **Steps toward artificial intelligence.** In: Proceedings of the IRE, v. 49, n. 1, p. 8-30, 1961.
- NEWELL, Allen; SIMON, Herbert A. **GPS, a program that simulates human thought.** In: BILLING, H. (ed.). Lernende automaten. Munchen: R. Oldenbourg, 1961.
- REITMAN, Walter R. **Heuristic decision procedures, open constraints, and the structure of ill-defined problems.** In: BRYAN, G. L.; SHELLY, M. (eds.). Human judgments and optimality. New York: Wiley, 1964.
- REITMAN, Walter R. **Cognition and thought:** an information-processing approach. New York: Wiley, 1965.
- RITTEL, Horst W. J. **Second-generation design methods.** In: CROSS, Nigel (ed.) Developments in design methodology. Chichester: Wiley, 1984, p. 317-327. (Publicado originalmente em The DMG 5th anniversary report: DMG occasional paper n. 1, p. 5-10, 1972).
- RITTEL, Horst W. J.; WEBBER, Melvin M. **Dilemmas in a general theory of planning.** Policy Sciences, vol. 4, p. 155-169, 1973.
- ROZENFELD, Henrique; FORCELLINI, Fernando A.; AMARAL, Daniel C.; TOLEDO, José C.; SILVA, Sergio L.; ALLIPRANDINI, Dário H.; SCALICE, Régis K. **Gestão do desenvolvimento de produtos:** uma referência para a melhoria do processo. São Paulo: Saraiva, 2006.
- SIMON, Herbert A. **The structure of ill structured problems.** Artificial Intelligence, vol. 4, p. 131-201, 1973.

3 BUSCA POR UMA TÉCNICA PARA A OBSERVAÇÃO DA COEVOLUÇÃO ENTRE REQUISITOS DO PROBLEMA E ATRIBUTOS DA SOLUÇÃO EM PROJETOS DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

Resumo

A alteração do problema projetual em decorrência da proposição de uma alternativa de solução já foi apresentada por Maher et al. (1996) e Dorst e Cross (2001). Caracterizada como coevolução, essas transformações conjuntas não costumam ser devidamente descritas nas bibliografias básicas das disciplinas de desenvolvimento de produto. Neste artigo, uma sessão de projeto realizada por graduandos dos cursos de Engenharia de Produção e Design foi acompanhada e teve seu áudio gravado. Duas técnicas foram aplicadas na tentativa de registrar a evolução paralela entre os requisitos do problema e os atributos da solução. Um questionário, aplicado duas vezes, uma antes do início e outra ao final da sessão de projeto, não registrou mudança na percepção do problema por parte dos estudantes. Contudo, a análise da gravação e a montagem de uma árvore de decisões tornaram evidente a influência das alternativas de solução propostas sobre a estrutura do problema.

Palavras-chave: coevolução; árvore de decisão; desenvolvimento de produto

Abstract

The affect of solution concepts in design requirements was presented by Maher et al. (1996), and Dorst and Cross (2001). Called co-evolution, these transformations are not correctly addressed in basic product development textbooks. One design session of Engineering and Design students was observed and recorded. Two tools were applied to register the parallel evolution of problem requirements and solution constraints. The questionnaire was applied twice, before and after the session, and did not capture the changes in the perception of the problem by the students. Differently, the analysis of the audio recorded and the arrangement of a decision tree expose the influence of design alternatives on the problem structure.

Keywords: *co-evolution; decision tree; product development*

3.1 Introdução

Jonas (1993) propõe que o projeto de um produto é o processo de transformar uma situação problemática, formulada verbalmente, no plano detalhado de um objeto tangível. Assumindo o desenvolvimento de produtos como um processo de resolução de problemas, diversos autores afirmaram que estas situações problemáticas têm características próprias devido a sua natureza indefinida. Para Simon (1973) os problemas de projeto são mal estruturados e a sua resolução depende da assimilação de novas informações, em uma revisão constante da representação do problema. Para Rittel e Webber (1973) os problemas que envolvem planejamento são ilimitados, não podendo ser descritos de forma definitiva. Bruce Archer (1979) descreve os problemas de projeto como mal definidos, pois seus requisitos iniciais não contém informações suficientes que permitam que quem tente resolvê-los chegue a uma solução que atenda a estes requisitos simplesmente através de transformação, redução, otimização ou sobreposição da informação dada. Essa visão foi desenvolvida até o modelo de coevolução entre o problema e a solução ao longo do processo de projeto de produtos, proposto por Maher et al. em 1996, e corroborado no artigo de Dorst e Cross de 2001.

Um modo de ensinar os conceitos de desenvolvimento de produtos em cursos de nível superior é a simulação de um projeto em sala de aula. Entretanto, os modelos normalmente utilizados como referência nestes cursos não contemplam em profundidade a noção de coevolução nas representações propostas para o desenvolvimento de produtos. Essa omissão tem o potencial de confundir o estudante, que encontra dificuldades em traduzir a informação coletada em um conceito de produto. A hipótese é que uma etapa de coleta de informações isolada não é capaz de estruturar todo o problema de projeto, que sofre mudanças ao longo do seu processo de resolução.

Conhecida a característica de indefinição dos problemas de projeto, o objetivo deste artigo é verificar se a percepção da estrutura do problema é alterada durante a geração de alternativas de solução para este problema. A tentativa de identificar este processo recursivo de coevolução foi feita com base na análise de uma sessão de projeto, realizada por um grupo misto de graduandos dos cursos de Engenharia de Produção e Design. As técnicas utilizadas neste estudo foram um questionário qualitativo, o registro de protocolos verbais e a árvore de decisões, na tentativa de validar ou invalidar a ocorrência da coevolução ao longo do processo de resolução do problema desenvolvido na disciplina acompanhada durante um semestre.

Medeiros (2002) distingue três métodos de pesquisa para o estudo do processo projetual. Os métodos descritivos, dos quais fariam parte a observação participativa, a análise de interação e a análise de protocolo. Os métodos experimentais, baseados em situações controladas, e métodos de sondagem, que utilizam questionários, entrevistas e observações. De acordo com Dorst (1995), o número de estudos publicados que utilizaram protocolos para a análise da atividade projetual cresceu a partir dos anos 1980. A análise de protocolos é, hoje, difundida em um encontro próprio, chamado *Design Thinking Research Symposia (DTRS)*, atestando a validade do desenvolvimento de métodos para o estudo do processo projetual. Nesta pesquisa, foram utilizados o questionário, a observação participativa e, apesar da intenção inicial em utilizar a análise de protocolos, não foi realizada uma aplicação aprofundada da técnica, ao menos não no mesmo nível das análises mais recentes. O primeiro estudo conhecido a utilizar protocolos de uma sessão de projeto foi realizado por Charles M. Eastman em 1968, ao analisar as atividades realizadas por arquitetos (AKIN e LIN, 1995). A análise de protocolo, originalmente, avalia uma situação experimental, com um participante “pensando em voz alta” (ERICKSON; SIMON, 1993). Os estudos mais recentes que utilizaram análise de protocolos no desenvolvimento de produtos registraram, além da verbalização, os gestos dos projetistas em vídeo e os desenhos produzidos. Devido às restrições para a efetiva aplicação do método, e a dificuldade em organizar e lidar com o volume de informações geradas optou-se em misturar as técnicas que se mostraram mais adequadas para o acompanhamento do grupo. Foi utilizada uma adaptação da técnica da análise de protocolos. Neste estudo, o áudio de sessões de projeto em grupo foi gravado. Quando o registro provém de duas ou mais pessoas trabalhando de forma conjunta, o áudio captado é referente à interação natural entre elas, não sendo necessárias passar instruções aos participantes antes da sessão (para que “pensem em voz alta”), como no caso de protocolos individuais.

Contudo, ao contrário do que geralmente é feito, as verbalizações não foram transcritas em sua totalidade. A gravação de cada grupo de estudantes deu origem a uma árvore de decisões. Essa é uma forma otimizada de representar o processo projetual e aparece em Cross (2008, p. 17). Nela ficam registradas as opções dos projetistas através do caminho percorrido entre problema, alternativas e decisões. Também é registrado o momento em que as alternativas foram sugeridas e as decisões foram tomadas a partir do tempo de gravação do protocolo verbal. A árvore de decisão foi escolhida por comprimir um grande volume de informação de forma inteligível e pela potencial capacidade de comprovar se a estrutura do problema foi modificada durante o processo de geração de alternativas.

Na próxima seção uma revisão da literatura é conduzida, focada principalmente nas ideias que antecederam à proposta de coevolução e nos artigos de Maher et al. (1996) e Dorst e Cross (2001). Em seguida estão descritas as técnicas utilizadas. Os resultados são apresentados na quarta seção deste artigo, em que é caracterizado o trabalho dos estudantes e apresentados os registros de momentos em que os requisitos do problema foram modificados enquanto atributos de soluções eram sugeridos. A quinta seção contém comentários finais e alguns apontamentos para pesquisas futuras.

3.2 Revisão da Literatura

Para Rittel e Webber (1973), o entendimento do problema e a resolução do problema são concomitantes. Encontrar o problema seria o mesmo que descobrir a resolução, sendo que o problema não poderia ser totalmente definido antes que a solução estivesse também em sua forma final. Assim sendo, para os autores, é indispensável que o trabalho do projetista se baseie em conceitos de solução. No comentário de Buchanan (1992) a respeito dos modos que um projetista altera os problemas em que está trabalhando, aparece uma ideia semelhante à de Rittel e Webber. Segundo Buchanan (1992, p. 17), uma “invenção” serve ao projetista como uma hipótese a ser trabalhada durante a exploração e desenvolvimento do problema. Segundo Cross (2007) projetistas lançam soluções parciais em uma fase inicial do projeto, movendo-se rapidamente ao longo do processo enquanto definem problema e solução conjuntamente.

Quando uma estrutura se desenvolve em resposta a outra estrutura pode-se dizer que ocorreu coevolução. A coevolução na fase de projeção dentro do desenvolvimento de produtos caracteriza as mudanças entre os requisitos do problema e a solução proposta (MAHER et al., 1996). Maher e seus colegas contestaram a visão tradicional do processo projetual com duas fases distintas, uma para a formulação do problema e outra para a síntese da solução. Para eles, o projeto é a interação coordenada para construir um problema dentro do que chamaram de espaço-problema e buscar uma solução plausível no interior do espaço-solução. Este processo foi chamado por Maher et al. (1996) de exploração. A exploração, característica dos processos de resolução de problemas mal definidos, se diferenciaria da pesquisa, modo de resolução de problemas bem definidos, cujas informações conhecidas são suficientes para solucioná-los. O processo projetual não pode ser visto como uma busca pela solução ótima,

mas sim como uma exploração do problema dado (CROSS, 2007, p. 52). A pesquisa se torna exploração quando o foco de interesse é alterado durante o processo de resolução do problema. Para Maher et al. (1996), a pesquisa não é capaz de garantir a convergência necessária aos projetos de produto.

Em trecho escrito em 1970, Jones (1992, p. 10) já menciona uma “mudança frequente no padrão do problema”, o que pode ser um indicativo de que a existência da evolução do entendimento do problema ao longo do projeto já havia sido percebida. Segundo Dorst (2006), o projetista procura gerar um par que combine problema e solução, através da coevolução entre a noção de espaço-problema e espaço-solução. Maher et al. (1996) apresentaram uma representação para a coevolução (Figura 3.1):

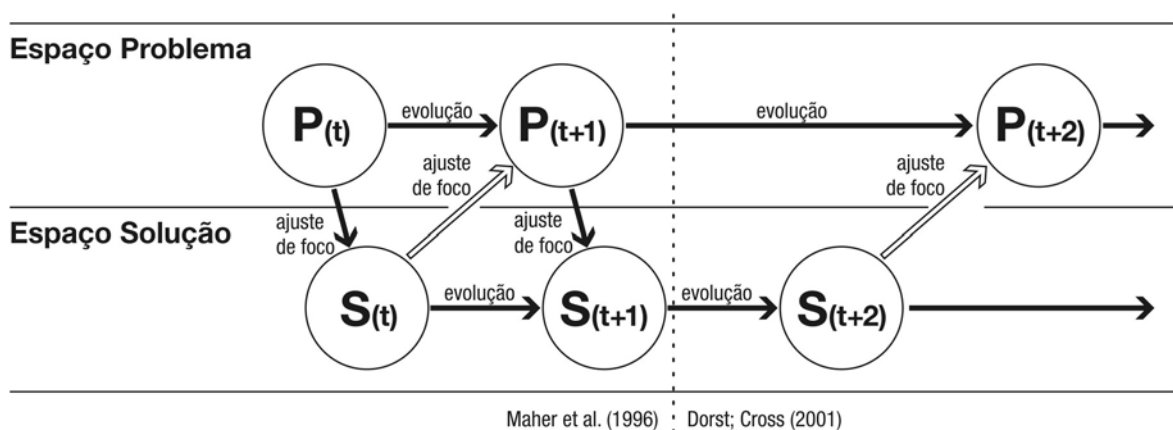


Figura 3.1 – Modelo de coevolução

Este modelo (Figura 3.1) pretende representar a interação entre o espaço-problema e o espaço-solução. Maher et al. (1996) trabalharam com uma situação específica de projeto utilizando computadores e algoritmos genéticos (seu modelo ocupa a porção esquerda da Figura 3.1). A este modelo proposto inicialmente, Dorst e Cross (2001), trabalhando com protocolos obtidos através da atividade projetual de nove desenhistas industriais experientes, acrescentaram a parte à direita na figura, após a linha pontilhada.

Os projetistas iniciam explorando o espaço-problema, e então descobrem ou reconhecem uma estrutura parcial ($P(t+1)$). Essa estrutura parcial é então usada como subsídio para uma estruturação parcial do espaço-solução ($S(t+1)$). Considerando as implicações da estruturação parcial do espaço-solução, os projetistas utilizam estas informações para gerar ideias iniciais que conformam um conceito, e então estendem e desenvolvem a estruturação parcial ($S(t+2)$). (...) Eles transferem a estrutura da solução parcial de volta para o espaço-

problema (P(t+2)), e, novamente, consideram as implicações e estendem a estruturação do espaço-problema. O objetivo é formar um par problema/solução que se encaixe (DORST; CROSS, 2001, p. 434-435).

Para Maher et al. (1996, p. 6) “a evolução de cada espaço é guiada pela mais recente população do outro espaço”. Para os autores, o modelo apresenta a habilidade em modificar o foco quando uma solução de interesse é encontrada. Para Dorst e Cross (2001) o projeto criativo não é uma questão de primeiro definir um problema e a seguir pesquisar por uma solução satisfatória; o processo projetual parece ser uma questão de desenvolver e refinar conjuntamente a formulação do problema e ideias para a sua solução, com a iteração constante entre análise, síntese e avaliação.

Os modelos de desenvolvimento de produtos disponíveis para o ensino de estudantes de graduação no Brasil provavelmente não atentam para essa característica de evolução paralela entre requisitos do problema e atributos de uma solução, pois separam a atividade de definir o problema da atividade de gerar conceitos de produtos, como em Rozenfeld et al. (2006) e Back et al. (2008). Enfrentar uma fase de geração de alternativas isolada pode ser penoso para estudantes de graduação. Aparentemente, mesmo em situações simuladas de projeto de novos produtos, dispor de informações suficientes para fixar um problema de desenvolvimento vai de encontro com as características conhecidas dos problemas de projeto, visto que a maioria dos estudantes não possui a experiência necessária para tratar um problema deste tipo como um projeto rotineiro.

As próximas seções apresentam os procedimentos metodológicos e os resultados obtidos de uma sessão de desenvolvimento de produtos em uma disciplina de graduação em Engenharia de Produção na Universidade Federal do Rio Grande do Sul. No intuito de avaliar como se dá o processo de desenvolvimento de produtos, as duas ferramentas utilizadas para observar a coevolução são explicadas e comparadas a seguir.

3.3 Procedimentos Metodológicos

Este estudo acompanhou sessões de projeto realizadas por estudantes dos cursos de graduação em Engenharia de Produção e em Design no segundo semestre de 2010. A disciplina

escolhida, Engenharia do Produto (disciplina própria do curso de Engenharia de Produção), usualmente simula o desenvolvimento de um produto durante o semestre letivo. Um dos objetivos desta disciplina é habilitar o estudante a identificar as fases do processo de desenvolvimento de produtos e o familiarizar com a aplicação de ferramentas específicas para cada fase. Divididos em cinco grupos, os estudantes de Engenharia iniciaram o trabalho e o conduziram até o final da fase de projeto informacional. Segundo Rozenfeld et al. (2006, p. 212) nessa fase “inicia-se pela atualização do plano do projeto (...) em seguida, parte-se para a definição do problema de projeto do produto na qual se busca o entendimento claro e completo do problema a ser enfrentado”. A fase seguinte, o projeto conceitual, em que “as atividades da equipe de projeto relacionam-se com a busca, criação, representação e seleção de soluções” (ROZENFELD et al., 2006, p. 236), contou com a colaboração de cinco equipes formadas por estudantes de Design, das turmas da disciplina de Metodologia de Projeto (disciplina própria do curso de Design), que foram integradas aos grupos já existentes, compostos por estudantes de Engenharia, dentro da disciplina de Engenharia do Produto.

A fim de perturbar o menos possível o andamento normal dos cinco grupos acompanhados em sala de aula, foram distribuídos cinco gravadores digitais, um em cada mesa onde aconteceriam as reuniões entre os estudantes da Engenharia e do Design. O pesquisador integrou um dos grupos com o intuito de observar a atividade de forma aprofundada. Contudo, os estudantes provavelmente não se sentiram constrangidos com esta presença por dois motivos principais: o pesquisador entrou no grupo ao mesmo tempo em que outros integrantes estranhos à equipe original também estavam sendo incorporados; e por não ser professor da disciplina, a atividade não estava sendo particularmente avaliada, nem teria influência direta nas suas notas ao final do semestre letivo.

Duas ferramentas foram aplicadas na tentativa de registrar momentos em que os requisitos do problema, ou seja, “os objetivos e propriedades que a solução proposta deve satisfazer” (PAHL et. al., 2007, p. 144) eram influenciados por alternativas de solução para este problema. A primeira ferramenta é caracterizada como um questionário qualitativo impresso, composto por quatro questões abertas, preenchido pelo próprio respondente e distribuído aos 26 alunos presentes em sala de aula. Além dos dados de identificação do estudante, as questões que compunham este questionário visavam coletar uma descrição do problema de projeto e eram as seguintes:

- (1) O que o produto que está sendo projetado deve fazer?
- (2) Quem será o usuário principal do produto?
- (3) Para que ambiente o produto está sendo projetado?
- (4) Em que material ou materiais ele deverá ser fabricado?

Essas perguntas foram formuladas com o intuito de averiguar o entendimento dos estudantes acerca de quatro informações básicas que compõem o problema projetual, que dizem respeito à função do produto, a quem utilizará o produto, onde ocorrerá o uso, e em que material o produto será fabricado. Uma vez que os grupos de estudantes trabalhavam com projetos de produtos de consumo duráveis, essas quatro perguntas foram propostas a fim de coletar as impressões individuais especificamente para os problemas de projeto de produto encontrados.

Para a comparação entre as ferramentas aplicadas, neste estudo somente serão comentadas as respostas dos questionários respondidos pelos integrantes do grupo observado pelo pesquisador. O tema geral para os projetos conduzidos na disciplina era a redução do volume de água utilizado em banheiros de grande porte. No tema já estavam embutidos dois aspectos do problema. O local de utilização estava razoavelmente definido e o principal requisito do produto a ser projetado, a redução no consumo de água, era claro. O produto específico para o grupo observado era a válvula de descarga. O foco deveria ser não o mecanismo em si, mas um conceito inovador para o produto. O mesmo questionário foi aplicado duas vezes, uma antes do início da sessão de projeção de 1 hora e 26 minutos, e outra vez após o término da sessão. A hipótese aceita quando da aplicação dos questionários era verificar um aumento no detalhamento das respostas, o que provavelmente indicaria um avanço na definição do problema ao longo da atividade projetual.

A segunda ferramenta aplicada utilizou a gravação da sessão observada para a montagem de uma árvore de decisões. Isso foi feito por meio da análise do áudio registrado e da identificação e classificação de referências a requisitos ou proposições de alternativas de solução. Primeiro foram listadas estas ocorrências, com a transcrição resumida e o momento em que foram ditas conforme a gravação. Após, as ocorrências foram divididas entre requisitos do problema ou atributos da solução e foram interpretadas como sendo alternativas sugeridas ou decisões tomadas. Com as ocorrências classificadas, foi iniciado o processo de montagem de uma árvore de decisões, apresentada na Figura 3.2 da seção de resultados e discussão deste artigo.

3.4 Resultados e Discussão

Não foram verificadas mudanças nas respostas dos questionários aplicados antes e depois da atividade projetual. Os quatro pares de perguntas, nos dez questionários correspondentes ao grupo observado, não sofreram variação relevante quanto às suas respostas. O mesmo estudante escreveu a mesma resposta no segundo questionário, apesar do primeiro questionário aplicado já ter sido recolhido antes do início da sessão de mais de uma hora. Três hipóteses podem responder a este resultado observado: (i) o questionário foi mal formulado; (ii) questionários não captam a percepção do estudante sobre o problema projetual; e/ou (iii) atividades de projeto em sala de aula são mais desgastantes do que uma aula expositiva comum, e assim os estudantes, já cansados, responderam a segunda aplicação do questionário de forma sucinta, fazendo com que as respostas fossem idênticas às de quando ainda não haviam trabalhado com o problema.

A segunda ferramenta aplicada para a observação da coevolução é uma adaptação da análise de protocolos apresentada na forma de uma árvore de decisões de projeto baseada em Cross (2008, p. 17). O intuito da árvore de decisões (Figura 3.2) é representar as declarações de requisitos e as alternativas de solução verbalizadas.

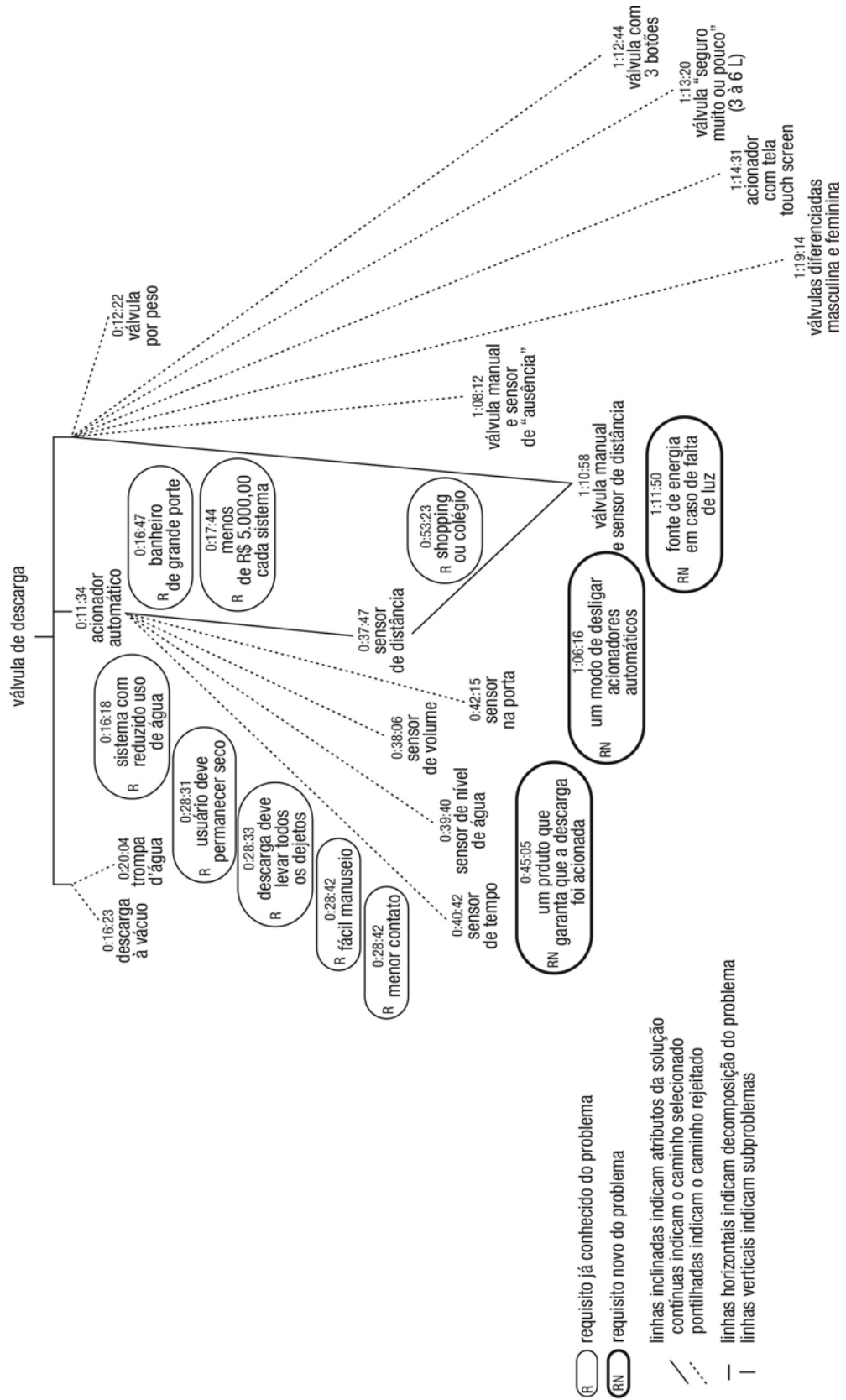


Figura 3.2 – Árvore de decisões da sessão de projeto

Com relação aos resultados da árvore de decisões, fica claro que os estudantes já conheciam diversos requisitos provenientes de informações coletadas durante a fase de projeto informacional. Partindo destas informações, que estavam sendo lembradas e declaradas pelos integrantes do grupo, o problema inicial foi decomposto em três ramos principais. Um representa a forma de descarga. Para isso, as alternativas trabalhadas foram uma descarga à vácuo, com a diferença de pressão produzida por uma bomba elétrica, ou uma variação de uma descarga à vácuo, com a diferença de pressão produzida por trompa d'água, o que também reduziria o uso de água. Um segundo ramo, ou subproblema, representa as válvulas manuais e suas alternativas, que dão conta diretamente da interface do produto com o usuário, e estão representadas à direita na figura. No centro da figura estão as ramificações da ideia inicial de acrescentar uma forma de acionamento automático para a descarga.

No ramo de proposições de acionamento automático, que parte da referência inicial aos 11 minutos e 34 segundos da gravação, o desdobramento passa a ser evidente aos 37 minutos do início da sessão, com a sugestão de condicionar o acionamento da descarga a um sensor de distância. Essa sugestão se detém na tentativa de prever, em banheiros masculinos, o volume de água a ser usado automaticamente na descarga. A partir disso, uma série de formas de automatizar o acionamento da descarga foi sugerida. Então, em decorrência da proposta de alternativas que exploravam um requisito conhecido do problema, a economia de água, o grupo atinge um momento em que se conscientiza da importância do produto garantir que a descarga tenha sido acionada após o uso do aparelho sanitário em banheiros públicos. Este requisito, mencionado aos 45 minutos do início da sessão, não havia sido levantado por pesquisa anterior, durante a coleta de dados, tendo surgido de experiências pessoais relatadas pelos participantes no uso de banheiros públicos. Este é o primeiro episódio em que um requisito novo surge durante o processo de geração de alternativas.

Então, a partir de uma solução parcial (uma descarga à vácuo, acionada automaticamente) o grupo passa a explorar situações de uso do produto. Ao lembrar que banheiros públicos são higienizados frequentemente, o grupo descobre que os sensores acoplados à descarga precisariam ser desligados durante a limpeza do banheiro, ou a solução seria contrária ao principal requisito do problema. Um integrante do grupo lembra que se as descargas fossem acionadas diversas vezes sem necessidade, muita água seria desperdiçada. Um novo requisito surge a 1 hora e 6 minutos, que demanda uma forma de desligar os sensores automáticos.

A última ocorrência de um novo requisito acontece a 1 hora e 11 minutos do início do registro, com a projeção de uma possível falta de luz, situação que não poderia parar o funcionamento de um banheiro de grande porte. Logo, é citada a necessidade de uma fonte de energia para os sensores em caso de falta de luz. A emergência deste último requisito ocorre logo após o que aparentemente se configurou como a decisão final do grupo em utilizar uma válvula com acionamento manual e sensor de distância. Neste momento, o grupo aparentemente chega a um par problema/solução cujos atributos das propostas respondem às demandas dos requisitos.

Os resultados obtidos com a aplicação da segunda técnica, o acompanhamento do grupo, a posterior análise do áudio gravado durante a sessão de projeto e a montagem da árvore de decisões confirmaram, neste caso, a importância de conceitos provisórios de solução para a progressiva definição dos requisitos do problema. A ideia de processo argumentativo de Rittel e Webber (1973) ressurge como um comentário interessante. Mesmo que não apareça como um processo consciente, foi detectada a definição do problema em função do surgimento de novas informações. Também foi registrada a decomposição do problema como um processo aparentemente natural. Os estudantes, ao não atacar o problema como um todo, atuaram também em concordância com a progressiva redução da incerteza preconizada por Simon (1973). Os requisitos, durante a concepção de um novo produto, são listados, analisados quanto a sua viabilidade e priorizados, resolvendo os conflitos previstos durante a concepção de um produto. Isso ocorre de modo tão rápido durante a atividade projetual em equipe, que a rastreabilidade dos requisitos e dos atributos se torna um tanto trabalhosa.

Na sessão de projetos analisada, requisitos importantes para a geração de alternativas surgiram durante o processo projetual, o que confirma as propostas de Buchanan (1992), Maher et al. (1996), Dorst e Cross (2001), Dorst (2006) e Cross (2007). Estes autores desenvolvem o que foi dito por Levin (1966, In CROSS, 1984, p. 117): “o projetista sabe (conscientemente ou inconscientemente) que alguma parcela a mais deve ser adicionada à informação que ele já possui a fim de que ele chegue a uma solução única”.

3.5 Conclusão

Obviamente, para terem maior validade, as observações apresentadas aqui precisariam ser repetidas outras vezes, apesar da montagem de uma árvore de decisões se mostrar capaz de representar momentos dentro da atividade projetual em que alternativas de solução propostas influenciaram a compreensão do problema por parte dos envolvidos. Contudo, Medeiros (2002) adverte quanto à aplicação de técnicas de Análise de Protocolo (AP):

...a aplicação de um modelo de AP não deve sobrevalorizar as verbalizações. Esta é uma constatação valiosa para o desenvolvimento dos princípios e fundamentos de uma pesquisa sobre o pensamento projetual, um campo de investigação singular, que necessita de uma declaração de objetivos, de procedimentos próprios e adequados, e de modelos de aproximação da realidade e de análise que respeitem a especificidade da atividade projetual (MEDEIROS, 2002, p. 105).

Provavelmente o questionário não seja uma ferramenta adequada para analisar a percepção do problema de projeto por parte dos projetistas. Uma conclusão possível quanto ao entendimento do problema é de que ele não é percebido de forma tão clara e completa quanto presume o método vigente ao final da fase de coleta de informações. Nas sessões de projeto acompanhadas, os estudantes lidavam com problemas mal definidos (ilimitados ou mal estruturados), cujos componentes apresentavam lacunas de informação. Nenhum dos problemas foi declarado de forma definitiva e, de acordo com as verbalizações, uma parcela da estruturação do problema ocorreu durante as sessões de geração dos conceitos.

Como escreveu Cross (2007, p. 24) “para lidar com problemas mal definidos, os projetistas devem aprender a ter autoconfiança para definir, redefinir e alterar o problema dado de acordo com a solução que emerge de suas mentes e mãos”. Para definir, redefinir e alterar foi necessário que os estudantes adicionassem informações ao problema dado. E isso se deve à característica dos problemas de projeto de terem seus componentes mal definidos, o que os torna diferentes dos problemas em que todas as informações estão disponíveis logo no início do processo de resolução, bastando que elas sejam processadas corretamente, algo como um quebra-cabeça. A característica principal dos processos de resolução de problemas mal definidos parece ser a geração de informações novas, que por sua vez alteram a própria percepção do problema.

É a própria ideia de problema aberto que facilita a sua resolução de forma criativa. Os requisitos mal definidos, ou que não contam com valores especificados (como em “o produto

deve economizar água”) são capazes de sustentar a ideia principal sem que soluções sejam definidas, possibilitando a geração de alternativas. A tentativa de definir os componentes de um problema de projeto de produto não auxilia necessariamente a sua resolução. A ambiguidade e a incerteza inerente aos termos utilizados para descrever os problemas devem ser aceitas tanto pelo professor, quanto pelos estudantes, e isso provavelmente seja válido também em diversas situações profissionais.

Uma proposição útil pode ser a integração do projeto informacional (aquisição de informações) com o projeto conceitual (geração de alternativas), visto que, na prática, atividades dessas duas fases acontecem concomitantemente, no que Lawson¹ (1979 apud Cross, 2007) chamou de processo projetual com foco na solução (ao contrário do que seria o processo focado no problema, ou a tentativa de compreender todos os componentes do problema antes de tentar resolvê-lo). As representações em fases do processo de desenvolvimento de produtos são importantes para fins didáticos em sala de aula e de acompanhamento do andamento do projeto em ambientes empresariais/industriais. Contudo, a coevolução parece comum em atividades projetuais, devendo ser propagado como um conceito válido. O reconhecimento da incerteza inerente ao processo de projeto, ao invés de gerar confusão, tem o potencial de aplacar situações de conflito entre as equipes – tanto de estudantes quanto de profissionais – ao fomentar a empatia com as preocupações levantadas por áreas com possíveis interesses contraditórios.

Agradecimentos

Este trabalho não poderia ser realizado sem a colaboração da Dra. Istefani Carísio de Paula, professora titular da disciplina Engenharia do Produto, nem do Dr. Júlio Carlos de Souza van der Linden, professor do curso de Design nas disciplinas de Metodologia de Projeto. Mas ainda mais importantes foram todos os alunos dos cursos de Engenharia de Produção e Design envolvidos na atividade interdisciplinar ocorrida ao longo dos dois semestres de 2010.

Referências

¹ LAWSON, B. **Cognitive strategies in architectural design**. Ergonomics, vol. 22, n. 1, p. 59-68, 1979.

- AKIN, Ömer; LIN, Chengtah. **Design protocol data and novel design decisions**. Design Studies, vol. 16, n. 2, p. 211-236, 1995.
- ARCHER, Leonard B. **Whatever became of design methodology?**. In: CROSS, Nigel (ed.) Developments in design methodology. Chichester: Wiley, 1984, p. 347-349 (Originalmente publicado em Design Studies, n. 1, vol. 1, p. 17-18, 1979).
- BACK, Nelson; OGLIARI, André; DIAS, Acires; SILVA, Jonny Carlos da. **Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem**. Barueri: Manole, 2008
- BUCHANAN, Richard. **Wicked problems in design thinking**. Design Issues, vol. 8, n. 2, p. 5-21, 1992.
- CROSS, Nigel. **Designerly ways of knowing**. Berlin, Birkhäuser, 2007.
- CROSS, Nigel. **Engineering design methods: strategies for product design**. Chichester: John Wiley & Sons, 2008.
- DORST, Kees. **Analysing design activity: new directions in protocol analysis** (editorial). Design Studies, vol. 16, n. 2, p. 139-142, (abril) 1995.
- DORST, Kees; CROSS, Nigel. **Creativity in the design process: co-evolution of problem-solution**. Design Studies, vol. 22, pp. 425-437, 2001.
- DORST, Kees. Design **problems and design paradoxes**. Design Issues, vol. 22, n. 3, p. 4-17, 2006.
- ERICSSON, K. Anders; SIMON, Herbert A. **Protocol analysis: verbal reports as data**. Cambridge: The MIT Press, 1993.
- JONAS, Wolfgang. **Design as problem-solving? or: here is the solution – what was the problem?**. Design Studies, vol. 14, n. 2, p. 157-170, 1993.
- JONES, John C. **Design methods**. New York: Wiley, 1992.
- LEVIN, Peter H. **Decision-making in urban design**. In: CROSS, Nigel (ed.) Developments in design methodology. Chichester: Wiley, 1984, pp. 107-121 (Originalmente publicado em Building Research Station Note EN 51/66, 1966).
- MAHER, Mary L.; POON, Josiah; BOULANGER, Sylvie. **Formalising design exploration as co-evolution: a combined gene approach**. In: GERO, John (ed.). Advances in formal design methods for cad. London: Chapman & Hall, 1996.
- MEDEIROS, Ligia M S. **O desenho como suporte cognitivo nas etapas preliminares do projeto**. 2002. 180 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção – COPPE/UFRJ) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.
- PAHL, Gerhard; BEITZ, Wolfgang; FELDHUSEN, Jörg; GROTE, Karl-Heinrich. **Engineering design: a systematic approach**. London: Springer, 2007. (3ª ed.)
- RITTEL, Horst W. J.; WEBBER, Melvin M. **Dilemmas in a general theory of planning**. Policy Sciences, vol. 4, p. 155-169, 1973.

ROZENFELD, Henrique; FORCELLINI, Fernando A.; AMARAL, Daniel C.; TOLEDO, José C.; SILVA, Sergio L.; ALLIPRANDINI, Dário H.; SCALICE, Régis K. **Gestão do desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo.** São Paulo: Saraiva, 2006.

SIMON, Herbert A. **The structure of ill structured problems.** Artificial Intelligence, vol. 4, p. 131-201, 1973.

4 ESTRUTURAÇÃO DE UMA MATRIZ DE AUXÍLIO À ESCOLHA DE TÉCNICAS DE GERAÇÃO DE ALTERNATIVAS: UMA EXPERIÊNCIA INTERDISCIPLINAR

Resumo

Uma estrutura que cruza informações sobre técnicas de geração de alternativas e dimensões dos problemas projetuais é proposta com o intuito de facilitar a transição para a etapa de projeto conceitual no processo de desenvolvimento de um novo produto. As dimensões dos problemas projetuais têm origem na análise de relatórios apresentados por estudantes de graduação ao final de uma disciplina de engenharia de produto. As técnicas de geração de alternativas são descritas brevemente com base em uma revisão de literatura simples. A motivação para a estruturação desta proposta de ferramenta teve origem no relato de estudantes de Engenharia e Design envolvidos em uma atividade prática.

Palavras-chave: dimensões do problema projetual; geração de alternativas; ensino interdisciplinar; desenvolvimento de produtos

Abstract

In this study a structure linking information about concept generation tools and the dimensions of design problems is presented. This structure aims at facilitating the transition between data collection and concept generation in product development processes. The starting point was a common difficulty observed, related to the transformation of design requirements into design concepts, while working with engineering and design students. Concept generation tools are briefly discussed, prior to the presentation of the dimensions of design problems, acquired by the analysis of final reports from a product engineering discipline.

Keywords: *design problem dimensions; concept generation; interdisciplinary teaching; product development*

4.1 Introdução

O desenvolvimento de produtos é um processo no qual uma nova estrutura capaz de aplacar uma necessidade é concebida, produzida e disponibilizada para uso. Dentro desse processo ocorre a atividade de imaginar, desenhar e/ou modelar um objeto que ainda não existe no mundo, projetando do presente essa estrutura para o futuro. Para Cross (2008), projetar é uma forma de habilidade complexa. É a ação de intervir ordenadamente, mediante atos antecipatórios, no meio ambiente. O projetista interfere no curso esperado de eventos e quer evitar ao máximo equívocos por ignorância (BONSIEPE, 1983).

Em visão compartilhada, Bürdek (2006) e Cross (2008) afirmam que a complexidade dos produtos está ligada tanto a mudanças nos meios de produção quanto a mudanças culturais. Hoje, a inovação em produtos é o objetivo da maioria das empresas fabricantes de bens de consumo. Entretanto, para atingir este objetivo, é preciso primeiro passar por um processo de desenvolvimento de produtos e nele equilibrar requisitos muitas vezes contraditórios. Assim, a etapa de projeção, dentro deste processo, assume grande importância. Já foi dito por Cross (2007) que iniciar o processo de projeto a partir de um conceito de solução é a forma que projetistas experientes utilizam para lidar com os problemas de projeto, que reconhecidamente possuem características próprias de incerteza e má definição (BUCHANAN, 1992; COYNE, 2005; DORST, 2006). Este artigo tem o objetivo de propor uma forma de facilitar a etapa de geração de alternativas, momento crítico do desenvolvimento de produtos.

O método para este artigo foi desenhado a partir da detecção de uma dificuldade dos estudantes de Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, durante a disciplina engenharia do produto. Nessa etapa preliminar, realizada no primeiro semestre de 2010, entrevistas abertas com estudantes de Engenharia foram gravadas e analisadas, revelando as impressões ao longo do processo simulado de desenvolvimento de novos produtos. Em resposta a isso, uma primeira etapa desta pesquisa analisou os relatórios entregues pelos estudantes ao final da disciplina. Nestes relatórios, foi realizada uma busca pelas frases em que eram relatados os problemas de projeto correspondentes aos produtos que estavam sendo desenvolvidos durante as aulas. Essas frases foram decompostas e analisadas na busca por categorias comuns de informações sobre os problemas de projeto de desenvolvimentos de produtos. Essas informações foram categorizadas em dimensões do problema. Na segunda etapa desta pesquisa, foi realizada uma busca na literatura por técnicas

utilizadas para a geração de alternativas. Esta busca foi focada nas demandas da aplicação de cada técnica. Essas informações foram cruzadas com as dimensões do problema na terceira etapa desta pesquisa, na tentativa de estruturar uma matriz que ajude não somente estudantes a decidir qual método seguir dentro do desenvolvimento de produtos, mas que também sirva de base para propostas futuras.

As etapas descritas acima serviram para: (i) registrar a percepção dos estudantes quanto à dificuldade em traduzir requisitos de um problema em atributos de uma solução, a principal motivação desta proposta; (ii) nomear e dispor uma série de dimensões possíveis para a estruturação dos problemas de projeto de produto a fim de desenvolver uma base para a classificação de problemas mal-definidos de desenvolvimento de produtos; e, por fim, (iii) propor uma matriz que auxilie a escolha de técnicas de geração de alternativas.

Quanto à nomenclatura utilizada, optou-se por restringir o significado da palavra metodologia ao estudo do método. Método, por sua vez, será entendido como o caminho escolhido dentro do processo projetual, incluindo as etapas de busca de informações, geração de alternativas, avaliação de soluções, entre outras. O método incluirá determinadas técnicas escolhidas conforme a necessidade do projeto, e ainda dentro de cada técnica existirão ferramentas próprias para a sua aplicação.

4.2 As dimensões dos problemas projetuais

A fase preliminar deste estudo ocorreu no primeiro semestre de 2010. Uma turma de engenharia do produto, disciplina do curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, que trata da elaboração de projetos com ênfase em produtos manufaturados industrialmente, foi acompanhada ao longo de três semanas. A turma, organizada em seis grupos que haviam atingido a etapa de geração de alternativas dentro do processo de desenvolvimento de produtos, foi assessorada por seis projetistas entre graduandos do curso de Design e pós-graduandos dos cursos de Design e Engenharia de Produção. Estes projetistas convidados assumiram o papel de consultores externos e foram distribuídos nos seis grupos da turma de engenharia do produto. A etapa de geração de alternativas corresponde à fase de projeto conceitual no modelo de desenvolvimento de produto adotado na disciplina (ROZENFELD et al., 2006).

Com base na gravação dos relatos dos estudantes de Engenharia após o término da atividade relativa ao projeto conceitual (geração e avaliação de conceitos), foram descobertos momentos de dificuldade quando da tradução das informações escritas em conceitos de solução. Estas informações escritas foram coletadas pelos estudantes com ferramentas próprias da fase projeto informacional (pesquisas, entrevistas e questionários com questões abertas e fechadas), que é anterior à fase de projeto conceitual. Analisando as entrevistas, duas dificuldades principais foram percebidas: a abstração inerente aos problemas mal definidos de projeto de produtos e o obstáculo representado pela tradução de informação escrita em imagem. Foi mencionada, nas entrevistas, a complexidade percebida por parte dos estudantes de Engenharia durante a fase de projeto conceitual. Nas palavras de um estudante:

A gente tava com um problema muito abstrato... as nossas ideias... e como é que a gente ia chegar aos nossos conceitos para uma coisa um pouco mais física, um pouco mais palpável. A gente tinha as ideias, mas não conseguia relacionar com coisas práticas.

Uma estudante, cujo trabalho estava relacionado ao projeto de mobiliário para escritório, especificamente o projeto de uma mesa de trabalho, relatou:

... não ia conseguir fazer a forma concreta, só ideias abstratas. Se fosse teórico, nunca ia se deparar com os problemas que a gente se deparou.

A percepção comum foi a de quanto intrincada é a atividade de coordenação dos diversos requisitos que cada projeto apresentava:

A gente tinha várias ideias, mas não sabia como juntar. A gente tinha vários requisitos em um Pareto (ferramenta estatística utilizada na disciplina para ordenar os requisitos por importância, a partir de informações coletadas com o possível público-alvo do novo produto) mas ela (projetista convidada) disse: “vamos ver como fica no papel, vamos tentar já colocar isso em prática”.

Outro estudante, envolvido com o projeto de óculos de sol, disse:

A gente não tinha muito as ideias centralizadas. Com a ajuda dele (projetista convidado) conseguimos colocar aquilo em prática, fazer um desenho de como seria aquilo adaptado (...) os conceitos, tá... mas na hora da prática? Na hora da prática é outra história.

Um integrante do mesmo grupo que trabalhou com o projeto de um óculos de sol, sobre a importância da modelagem nesta fase do projeto, mencionou que “(o grupo tem) muita ideia, muita ideia, mas não sabe como passar para o desenho”. Do grupo que trabalhou com cadeiras de praia, também veio um relato semelhante: “a importância de colocar no papel todas as ideias, (...) às vezes tu pensa em alguma coisa e quando tu coloca é que tu realmente consegue visualizar, tu vê que algo que tu tinha pensado não encaixa com algum outro requisito”.

Dificuldades semelhantes já foram registradas em outros estudos. A partir da análise de protocolos de atividades projetuais de estudantes calouros e veteranos de Desenho Industrial, Christiaans e Dorst (1992 apud CROSS, 2007, p. 101) relataram que alguns estudantes se encontravam presos na fase de coleta de informações, ao invés de seguir para a geração de alternativas. Este pode ser um sintoma comum em estudantes frente à incerteza que acompanha os problemas de projeto. Talvez a divisão em fases do processo de desenvolvimento de produto apresentado nos modelos presentes nas referências da área para cursos de nível superior (Figura 4.1) seja uma das razões para a dificuldade observada, que acabou por motivar este trabalho. Já registrada em pesquisas, a coevolução entre requisitos e soluções (MAHER et al., 1996; DORST; CROSS, 2001) atenua a divisão das atividades de coleta de informações e geração de alternativa, tornando-as, na prática, uma única tarefa, sem divisão perceptível ou ocorrendo simultaneamente. Por não conseguirem definir completamente o problema projetual antes de propor alternativas de solução, os estudantes em disciplinas de desenvolvimento de produtos se deparam com um tipo de problema que não é comum em outras disciplinas dos currículos dos cursos de Engenharia: os problemas mal definidos ou mal estruturados.



Figura 4.1 – Modelo faseado do processo de desenvolvimento de produtos

Após esta etapa preliminar, a primeira etapa deste estudo partiu de cinco relatórios entregues por estudantes de Engenharia de Produção ao final da disciplina de engenharia do produto, na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Estes relatórios foram analisados em busca das informações que definiam o problema que seus autores tinham explorado ao longo do semestre. As informações se encontravam em listas de requisitos, descrições do produto e

em planos do projeto que compunham estes relatórios. Elas foram agrupadas e então categorizadas em oito dimensões: função, material, processo, usuário, local de uso, custo, preço e estilo (Quadro 4.1).

Dimensão	Relatório 1 Pneu	Relatório 2 Paracheque	Relatório 3 Notebook	Relatório 4 Lixeira	Relatório 5 Colchão
Função	O pneu deve ter um sistema que indique se estiver furado, vazando ou com espessura baixa	O produto deve envolver o automóvel e minimizar danos à lataria em caso de choques. Deve oferecer facilidade de reparação	Ter capacidade para rodar jogos e fazer trabalhos	Lixeira com tampa e pedal; conjugada com espaços distintos para cada tipo de resíduo; limpeza facilitada; evitar contato físico com o usuário; a tampa deve permanecer aberta sozinha por mais tempo se necessário	O colchão deve ser limpo com facilidade
Material	Matéria-prima da região	Deve ser resistente a atritos e esfregões; deve ter baixo peso unitário	Ter resistência e durabilidade	Deve ser durável; material que não absorva odores	Deve ter uma densidade adequada; deve ser leve
Processo	Não deve desperdiçar recursos nem produzir resíduos, e usar mão-de-obra local	Deve gerar pouco ou nenhum resíduo durante a fabricação; deve apresentar alta estabilidade de dimensões e forma	Ter um processo confiável e flexível		Deve ter bom acabamento; deve ter o tamanho exigido
Usuário	Pneu para motocicletas <i>street</i>	Masculino e feminino	Mulheres e homens de 15 a 45 anos		Deve ser vendido por pessoas preparadas
Local	Características para andar no asfalto		Usar em ambiente que não tem computadores	Deve ser adequada ao ambiente em que se encontra	
Custo	O pneu deve ser rentável		Produtos devem ter baixo custo na produção		
Preço	O pneu deve ser barato	Deve ter baixo custo de venda	Ter preço compatível		Deve ter um preço adequado
Estilo	O pneu não deve ter design muito estranho	Deve incorporar elementos no desenho que estejam em sintonia com o projeto do veículo	Ser o menor possível; ter opções de cores	Cores discretas; formato criativo; harmonizar com o ambiente	

Quadro 4.1 – Informações dos problema divididas em dimensões

Nos relatórios analisados, não foi mencionado o tempo que cada grupo dispunha para realizar a geração de alternativas, porém, a fim de classificar as técnicas com o intuito de propor uma ferramenta que auxilie a escolha entre elas, o tempo indicado para a correta aplicação de cada uma foi pesquisado. A seguir cada técnica é brevemente comentada.

4.3 Técnicas para a geração de alternativas

Baxter (1998) menciona um estudo que apresenta 105 diferentes técnicas capazes de estimular a criação. Não é o objetivo deste estudo realizar um levantamento completo sobre as técnicas de geração de alternativas, e sim propor uma classificação que facilite a transição entre as etapas de coleta de informações e de concepção de soluções para o problema projetual. Inicialmente, como forma de limitar a pesquisa por técnicas de geração de alternativas, serão apresentadas somente aquelas indicadas no livro texto utilizado na disciplina do curso de Engenharia de Produção acompanhada neste estudo (ROZENFELD et al., 2006). Estas técnicas são divididas pelos autores em intuitivas, sistemáticas ou orientadas. As técnicas analisadas são as seguintes: como técnicas intuitivas (i) *brainstorming*; (ii) 635; (iii) *lateral thinking*; (iv) *synectics*; e (v) galeria; como técnicas sistemáticas foram analisadas a (vi) matriz morfológica; (vii) síntese funcional; (viii) analogia sistemática; (ix) análise do valor; e (x) questionários e *checklists*; e como técnica orientada a (xi) TRIZ.

Brainstorming, técnica atribuída a Alex F. Osborn, é possivelmente a mais versátil das técnicas comentadas aqui. A aplicação propõe que a técnica seja realizada por grupos formados por mais ou menos seis pessoas, o que a torna ideal para as disciplinas que envolvam o desenvolvimento de produtos. Contando com um moderador, este grupo deverá sugerir soluções de forma rápida e despreocupada. Por postular o adiamento da avaliação das sugestões, muito pouco precisa ser conhecido sobre o problema para que a técnica possa ser aplicada. É necessário apenas uma representação parcialmente definida da função do produto a ser desenvolvido e uma sessão de *brainstorming* pode ser realizada em menos de uma hora.

Em grupos de seis participantes, cada integrante propõe três alternativas em cinco minutos. Embora não sejam regras fixas, são estes os números que dão nome à técnica em questão, 635. A aplicação da técnica chega ao fim quando os seis papéis (ou a mídia que estiver sendo utilizada, podendo ser, inclusive, o e-mail) tiverem sido trocados entre todos os participantes. Esta técnica pode ser realizada rapidamente e aceita a má definição do problema, embora não seja, aparentemente, tão permissiva quanto o *brainstorming*. Um exemplo de aplicação pode ser visto em Bonsiepe et al. (1984).

O pensamento lateral, ou *lateral thinking*, foi agrupado por Rozenfeld et al. (2006) junto à outras técnicas mas funcionaria melhor como um conceito que se utiliza de outras técnicas.

Nas palavras de De Bono (1992), autor do conceito, o pensamento lateral tem a ver com a percepção, com a mudança do ponto de vista ao lidar com problemas. Assim mesmo, *lateral thinking* pode ser aplicado conscientemente, embora seja mais fácil associá-lo a outras técnicas. Ele pode ser aplicado a problemas pouco definidos, assim como o *brainstorming*.

Synectics, traduzida como sinética (BAXTER, 1998) ou sinergia (ROZENFELD et al., 2006), mais do que uma técnica, foi um ramo de pesquisa da criatividade iniciado em Cambridge (GORDON, 1961). Como técnica, propõe que um grupo de trabalho de cinco a dez pessoas, preferencialmente com diferentes formações, utilize analogias, como a analogia pessoal (colocar-se mentalmente no lugar do processo) a fim de “transformar o estranho em familiar” e o “familiar em estranho”. A aplicação transcorre de forma semelhante ao *brainstorming*.

A técnica chamada galeria propõe que ideias concebidas individualmente sejam expostas e então avaliadas em grupo. Segundo Rozenfeld et al. (2006) ela é adequada para problemas em que todas as partes foram projetadas e deve-se determinar como montar/agrupar tudo em um produto completo. Essa é a última das técnicas intuitivas apresentadas. A seguir serão comentadas as técnicas sistemáticas.

A matriz morfológica é uma técnica estruturada para a geração de alternativas de solução. Proposta por Fritz Zwicky, essa técnica é iniciada pela decomposição do problema, seguida da proposição de soluções parciais para cada subproblema. Assim é composta uma matriz que representaria o espaço solução para o problema. Quanto ao problema, a técnica necessita de uma compreensão detalhada da função do produto para a sua aplicação.

A síntese funcional é uma forma de estruturar o problema aos moldes de um sistema, com entradas, saídas e interfaces. Como técnica, é mais apropriada para desenvolver soluções em problemas complexos. Para a sua aplicação é necessário que no problema do projeto a função do produto esteja bem definida. Devido a sua complexidade, a síntese funcional demanda um planejamento e um prazo mais longos.

A analogia é uma forma de associação que transfere uma característica de um produto para o projeto em questão. Para aplicar a técnica da analogia sistemática é necessário conhecer, ao menos parcialmente, a função do produto sendo projetado. Outras dimensões também devem ser conhecidas parcialmente para permitir a busca por analogias.

A análise do valor é uma técnica que pode ser aplicada para a melhoria de um produto existente. Para o seu uso, a equipe deve conhecer muito bem a função e o custo para a fabricação do produto. A ideia é entregar ao consumidor essa função sem perda de qualidade, mas com menor custo para a empresa. Csillag (1995) apresenta detalhadamente a técnica, que também recebe o nome de engenharia do valor. Para a sua aplicação é necessário planejamento e prazos dedicados à tarefa.

Ainda nos métodos sistemáticos, podem ser utilizadas perguntas para estimular a concepção de ideias. Essa técnica de questionários e *checklists* tem como exemplo em Back et al. (2008) a ferramenta MESCRAI. É o acrônimo para modificar, eliminar, substituir, combinar, rearranjar, adaptar e inverter. Para aplicá-la é necessário conhecer parcialmente o problema. Entretanto, essa técnica não requer um grande investimento do tempo da equipe.

A TRIZ, ou teoria da solução de problemas inventivos, proposta por Genrich S. Altshuller, originou-se da análise de patentes na tentativa de destilar os parâmetros em que as soluções apresentavam melhorias e os princípios inventivos que geraram tais melhorias. Essa análise encontrou 39 parâmetros de engenharia e 40 princípios inventivos. A TRIZ funciona de forma semelhante a um *checklist*, tendo na matriz de contradições seu aspecto mais interessante. Nela, os parâmetros de engenharia são cruzados, evidenciando conflito de interesses entre os requisitos do problema de projeto, e no encontro de cada um deles estão listados os princípios inventivos mais utilizados nas patentes para resolver o determinado conflito.

4.4 Uma matriz para a escolha de técnicas de geração de alternativas

O sucesso do processo de desenvolvimento de novos produtos não é garantido por um método ou outro, ou por uma determinada escolha de ferramentas. A má definição dos problemas de projeto, característica discutida por Rittel e Webber (1973), Buchanan (1992); Coyne (2005), Dorst (2006), torna o processo de resolução destes problemas uma exploração concomitante da representação do problema e da proposta de solução, o que Dorst e Cross (2001) caracterizaram como a ação iterativa entre análise, geração e avaliação. A forma de evitar equívocos é descobrir e desenvolver ao máximo a compreensão da necessidade latente.

Não existe solução sem um problema; nem problema sem restrições; nem restrições sem uma urgência ou necessidade. Assim, projetar começa por uma necessidade. Ou a necessidade é automaticamente atendida, e não existe problema, ou a necessidade não é atendida devido a obstáculos e lacunas. Achar meios de superar esses obstáculos e lacunas constitui o problema. Se resolver o problema envolve a formulação de uma prescrição ou modelo para conseqüente materialização de um objeto (e requer uma etapa criativa), então é um problema de projeto (ARCHER apud CROSS, 1984, p. 59).

A compreensão da necessidade gera subsídios para a estruturação do problema. Simon (1973) afirmou que uma grande parte da atividade de resolução de problemas mal definidos é justamente o trabalho de estruturá-los. Porém, mesmo que a aceitação da incerteza não seja uma prática comumente aconselhada por grande parte da metodologia do desenvolvimento de produtos, forçar a definição dos componentes de um problema de projeto prematuramente pode enfraquecer o potencial para a inovação do projeto. Um caminho para lidar com essa dificuldade pode estar em conhecer o problema e descobrir as lacunas de informação que constituem a sua representação. Para estudar os problemas mal definidos, Reitman (1964) propôs uma estrutura simples, composta por três componentes, capaz de classificar tais situações de desajuste. Ela é composta por um estado inicial (A), um estado desejado (B), e procedimentos/operações para se chegar de um estado ao outro. Essa estrutura serve para a compreensão do problema em qualquer instante do projeto. Reitman (1964 e 1965) apresenta seis tipos de problemas com variadas combinações de definição entre seus componentes.

Os seis tipos de problemas discutidos não cobrem todo o campo, mas ilustram a diversidade de atividades em que a estrutura pode ser aplicada, e também sugere algo de potencial utilidade para a estrutura como uma ferramenta para a classificação (REITMAN, 1964).

Note-se também que uma determinada tipologia para problemas pode ser de considerável valor *prático* para um ser humano resolvendo problemas de acordo com ela. Ele pode contar com modos particulares de caracterizar problemas, meios de abstrair os problemas reais em categorias, e mais importante, meios de resolver estes problemas organizados nestas categorias. ...o conhecimento de uma tipologia também é necessário para qualquer um interessado em como um indivíduo particular resolve problemas (REITMAN, 1965).

Bonsiepe (1978) utilizou uma simplificação da proposta original de Reitman para classificar os problemas de projetos de produtos em quatro categorias. Para Bonsiepe a situação final (B) seria uma descrição da função do produto e a situação inicial (A) a descrição dos materiais e

processos disponíveis. Para Bonsiepe, os processos de transformação constituem o próprio objeto de interesse da metodologia. Logo, escolha de um método seria influenciada pela natureza do problema.

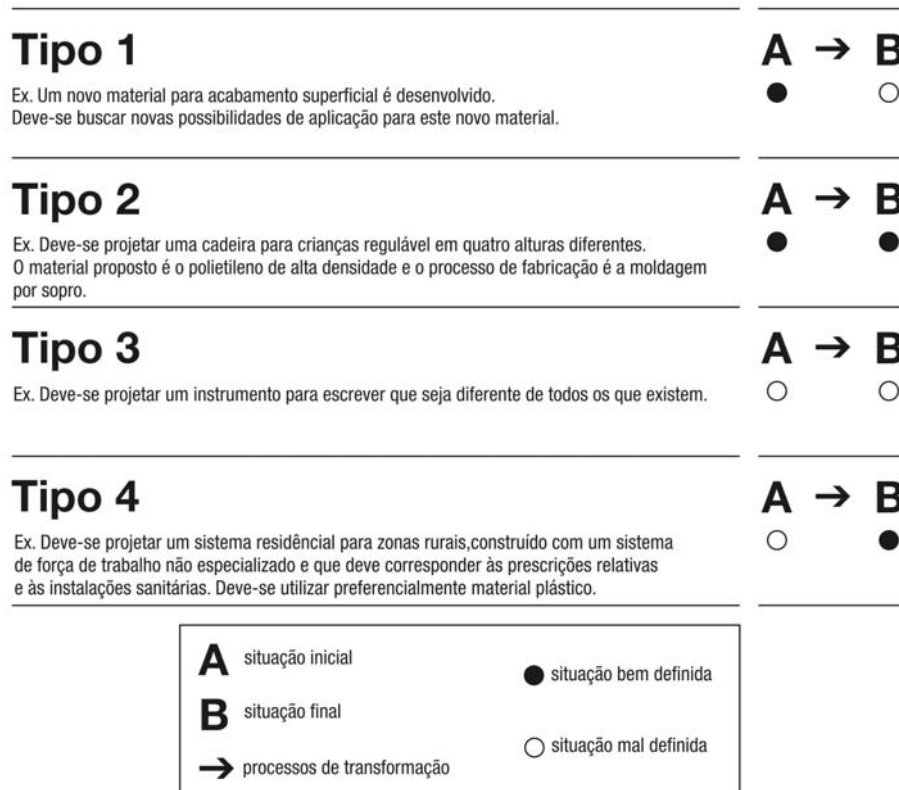


Figura 4.2 – Tipologia de problemas projetuais de Bonsiepe (1978)

Bonsiepe comenta os quatro tipos de problemas projetuais, mas não define exatamente que informações comporiam a situação inicial e que outras informações fariam parte da situação final. Sobre isso ele escreveu:

A classificação de um problema projetual em um destes quatro grupos depende da precisão e da clareza com que foram descritas suas variáveis: finalidade, meios, e restrições (ou condições conjunturais). A primeira variável faz referência ao porquê do produto; a segunda aos materiais predispostos e aos processos de fabricação; as últimas, finalmente, às restrições colaterais, por exemplo, em que faixa de preço deverá se encaixar o produto que se está projetando (BONSIEPE, 1978, p. 150).

Entretanto, em um comentário que parece destoar da simplificação de Bonsiepe, Cross propõe que “em vez de uma fronteira clara entre os problemas bem-estruturados e mal-estruturados, existe um espectro entre um pólo e outro” (CROSS, 1984, p.103). Simon, anteriormente,

havia sugerido “o contínuo de graus de definição entre os extremos de problemas bem estruturados e mal estruturados” (SIMON, 1973, p.183).

Com a intenção de permitir mais graus de liberdade entre a definição completa e a indefinição total dos componentes dos problemas de projeto, as oito dimensões, originadas da análise dos relatórios dos estudantes, foram dispostas na estrutura de Reitman (1964). Uma nona dimensão foi incluída para a classificação das técnicas de geração de alternativas, referente ao tempo necessário para a correta aplicação de cada técnica. Essa informação foi julgada útil para a comparação entre as técnicas de geração de alternativas e posterior escolha da mais adequada em determinada situação.

estrutura do problema	estado inicial	processos de transformação	estado desejado
	A	→	B
dimensões do problema	MATERIAL CUSTO TEMPO	PROCESSO	FUNÇÃO USUÁRIO LOCAL PREÇO ESTILO

Dimensão	Pergunta / Requisito do problema
MATERIAL	Em que material(ais) será fabricado o produto? A partir dos materiais...
CUSTO	Qual o custo do projeto e qual o custo de fabricação? Com um investimento de...
TEMPO	Em quanto tempo será realizado o projeto? Existe ... dias para a etapa de projeção.
PROCESSO	Como será conformado o material? A partir dos processo de fabricação...
FUNÇÃO	O que o produto deve fazer? Projetar um objeto capaz de...
LOCAL	Onde o produto será usado? Para ser usado em...
USUÁRIO	Quem usará o produto? Este produto é para ser usado por...
PREÇO	Quanto deverá custar este produto para o consumidor? Este produto será colocado no mercado a...
ESTILO	Qual a imagem que o produto deverá transmitir? Este produto deve comunicar...

Figura 4.3 – Estrutura do problema e distribuição das dimensões do problema

Uma matriz (Figura 4.4) foi estruturada com o cruzamento das dimensões do problema e as informações referentes às técnicas de geração de alternativas. É uma proposta de classificação das técnicas a partir da interpretação das suas demandas por informação, ou seja, do grau

exigido de definição do problema de projeto no momento da geração de alternativas. Seguindo o comentário de Rittel e Webber (1973) que afirmaram que só se conhece definitivamente o problema quando se tem uma solução final e de Dorst (2006) que sugere que um projetista busca um par que combine problema e solução, a matriz indica as lacunas nos problemas de projeto, que nunca estarão completamente definidos.

		Dimensões									Tempo
		Técnicas	Função	Material	Processo	Usuário	Local	Custo	Preço	Estilo	
Intuitivas	Brainstorming	◐	○	○	○	○	○	○	○	○	aceita prazo curto
	635	◐	○	○	○	○	○	○	○	○	aceita prazo curto
	Lateral thinking	◐	○	○	○	○	○	○	○	○	aceita prazo curto
	Synectics	◐	○	○	○	○	○	○	○	○	aceita prazo curto**
	Galeria	●	●	●	○	○	◐	◐	○	○	aceita prazo curto
Sistemáticas	Matriz morfológica	●	◐	◐	◐	◐	○	○	○	○	aceita prazo curto
	Síntese funcional	●	◐	◐	◐	◐	◐	◐	○	○	necessita prazo longo
	Analogia sistemática	◐	◐	◐	◐	◐	○	○	○	○	aceita prazo curto
	Análise do valor	●	◐	◐	◐	◐	●	●	◐	○	necessita prazo longo
	Questionários e Checklists	◐	◐	◐	◐	◐	○	○	○	○	aceita prazo curto
*	TRIZ	●	●	●	◐	◐	○	○	○	○	necessita prazo longo

● bem definido ◐ parcialmente definido ○ indefinido

* técnica orientada

** depende da disponibilidade de equipe multidisciplinar

Figura 4.4 – Matriz para escolha de técnicas de geração de alternativas

Seguindo para um exemplo de uso da matriz a partir do exemplo do quarto tipo de problema apresentado por Bonsiepe (1978), cuja situação inicial foi classificada como mal definida e a situação final como bem definida. Este exemplo se refere a um sistema residencial para zonas rurais. Já é possível definir parcialmente a função e o local de uso do produto. A seguir o problema especifica que o produto deve ser construído no regime de força de trabalho não especializada e deve utilizar, preferencialmente, material plástico. Isso define, parcialmente, além de um usuário intermediário para o produto, um material para a sua fabricação. Assim, têm-se quatro dimensões parcialmente definidas: função, local, usuário e material. A matriz apresentada sugere a possibilidade de aplicação de todas as técnicas intuitivas, menos a galeria, mais utilizada para a criação de variações dentro de um conceito mais definido.

Devido à característica de definição do problema, com alguma exploração preliminar, seria possível ainda a aplicação da matriz morfológica, da analogia sistemática e de questionários e *checklists*. A síntese funcional, a análise do valor e a TRIZ não estariam indicadas em um primeiro momento.

4.5 Conclusão

A matriz proposta pode agregar novas técnicas para a geração de alternativas, bem como as dimensões apresentadas podem ser ampliadas ou reduzidas, conforme o tipo de problema rotineiramente encontrado por uma determinada equipe de trabalho. Deve-se fazer a ressalva de que, por enquanto, é apenas uma ferramenta de auxílio aos estudantes que encontram dificuldades na transformação de informações em alternativas de solução. É uma forma de vincular as características do problema à escolha de ferramentas que irá compor o método utilizado no desenvolvimento de um projeto de produto.

Eu acredito que o grande arquiteto estava, no passado, consciente da similaridade entre os padrões do problema e do processo, e que é somente o senso dessa similaridade da estrutura que possibilitou o projeto de grandes formas (ALEXANDER, 1964 p.132).

Entretanto, ao tentar classificar de maneira algorítmica um processo observado naturalmente em situações de projeto, é necessário lembrar a advertência feita por Bonsiepe (1978, p. 149) “os processos rotineiros caem por terra frente a qualquer situação que se converta em problemática. É aí que reside o paradoxo da metodologia da projeção: com ela se intenciona converter em rotina o que nunca pode ser uma rotina.” Descobrir o equilíbrio entre a orientação excessiva e a falta de critérios para a escolha de um método é o maior desafio em disciplinas práticas de desenvolvimento de produto.

Referências

- ALEXANDER, Christopher. **Notes on the synthesis of form**. Cambridge: Harvard University Press, 1964.
- ARCHER, Bruce. **Systematic method for designers**. In CROSS, Nigel (ed.). *Developments in design methodology*. Chichester: Wiley, 1984, pp. 57-82.

- BACK, Nelson; OGLIARI, André; DIAS, Acires; SILVA, Jonny Carlos da. **Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem**. Barueri: Manole, 2008
- BAXTER, Mike. **Projeto de produto: guia prático para o design de novos produtos**. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.
- BONSIEPE, Gui. **Teoría y práctica del diseño industrial: elementos para uma manualística crítica**. Barcelona: Gustavo Gili, 1978.
- BONSIEPE, Gui. **A tecnologia da tecnologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1983.
- BONSIEPE, Gui.; KELLNER, Petra; POESSNECKER, Holger. **Metodologia experimental: desenho industrial**. Brasília: CNPq, 1984.
- BUCHANAN, Richard. **Wicked problems in design thinking**. Design Issues, vol. 8, n. 2, p. 5-21, 1992.
- BÜRDEK, Bernhard. E. História, **Teoria e Prática do Design de Produtos**. São Paulo: Blücher, 2006.
- COYNE, Richard. **Wicked problems revisited**. Design Studies, v. 26, n. 1, p. 5-17, 2005.
- CROSS, Nigel (ed.) **Developments in design methodology**. Chichester: Wiley, 1984.
- CROSS, Nigel. **Designerly ways of knowing**. Berlin, Birkhäuser, 2007.
- CROSS, Nigel. **Engineering design methods: strategies for product design**. Chichester: John Wiley & Sons, 2008.
- CSILLAG, João M. **Análise do valor: metodologia do valor**. São Paulo: Atlas, 1995.
- DE BONO, Edward. **Serious creativity: using the power of lateral thinking to create new ideas**. New York: HarperCollins, 1992.
- DORST, Kees; CROSS, Nigel. **Creativity in the design process: co-evolution of problem-solution**. Design Studies, vol. 22, pp. 425-437, 2001.
- DORST, Kees. **Design problems and design paradoxes**. Design Issues, vol. 22, n. 3, p. 4-17, 2006.
- GORDON, William J. J. **Synectics: the development of creative capacity**. New York: Collier, 1961.
- MAHER, Mary L.; POON, Josiah; BOULANGER, Sylvie. **Formalising design exploration as co-evolution: a combined gene approach**. In: GERO, John (ed.). Advances in formal design methods for cad. London: Chapman & Hall, 1996.
- REITMAN, Walter R. **Heuristic decision procedures, open constraints, and the structure of ill-defined problems**. In: BRYAN, G. L.; SHELLY, M. (eds.). Human judgments and optimality. New York: Wiley, 1964.
- REITMAN, Walter R. **Cognition and thought: an information-processing approach**. New York: Wiley, 1965.
- RITTEL, Horst W. J.; WEBBER, Melvin M. **Dilemmas in a general theory of planning**. Policy Sciences, vol. 4, p. 155-169, 1973.

ROZENFELD, Henrique; FORCELLINI, Fernando A.; AMARAL, Daniel C.; TOLEDO, José C.; SILVA, Sergio L.; ALLIPRANDINI, Dário H.; SCALICE, Régis K. **Gestão do desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo.** São Paulo: Saraiva, 2006.

SIMON, Herbert A. **The structure of ill structured problems.** Artificial Intelligence, vol. 4, p. 131-201, 1973.

5 PROBLEMAS INDEFINIDOS E COEVOLUÇÃO

A coevolução é um conceito pouco difundido mesmo no ambiente acadêmico, portanto, uma revisão da literatura foi realizada, gerando o primeiro artigo deste estudo, referente ao segundo capítulo da dissertação. O resultado desta etapa mostra que problemas de projeto são caracterizados pela falta de informações que definiriam seus componentes (na representação de Reitman (1964): estado inicial, processos de transformação e estado desejado). Os problemas de projeto foram definidos como mal estruturados (SIMON, 1973) e ilimitados (RITTEL e WEBBER, 1973), e essa afirmação foi corroborada por Goel (1992), Buchanan (1992), Lloyd e Scott (1994), Coyne (2005), Dorst (2006), Cross (2008). Uma constatação inesperada durante o estudo da natureza dos problemas de projeto foi que elementos do conceito de coevolução já apareciam em alguns autores que publicaram trabalhos anteriormente. A hipótese inicial tomava a coevolução como uma ideia muito mais recente do que a discussão acerca das características dos problemas. Contudo, a base da ideia de evolução paralela foi encontrada em 1973. Para entender como essa característica dos problemas de projeto afetava o desenvolvimento de produtos foi realizado o acompanhamento de grupos mistos de estudantes desenvolvendo um produto em sala de aula. Esse acompanhamento resultou no segundo artigo, referente ao capítulo 3 da dissertação. A observação da coevolução entre o problema e as soluções propostas ao longo do processo projetual realizado pelos grupos de estudantes confirmou a existência de uma dificuldade, encontrada quando da tradução das informações coletadas em conceitos de solução. Essas observações levaram à conclusão de que um problema de projeto para uma estrutura nova dificilmente será bem definido antes que o projetista tente resolvê-lo. Ou seja, o entendimento de um problema de desenvolvimento de produto é necessário para a sua solução, entretanto ele é alcançado somente através da própria tentativa de resolvê-lo por meio da geração de alternativas, uma vez que, assim, novas informações são adicionadas à representação inicial do problema. Esse processo recursivo e autossustentado não aparece claramente nos modelos de desenvolvimento de produtos.

Porém, este trabalho não invalida de maneira nenhuma os modelos faseados, que dividem o processo projetual em etapas e pressupõem a definição clara do problema antes que soluções sejam geradas. Modelos de referência exercem um papel fundamental na formação do estudante e na comunicação entre membros de uma equipe sendo fundamentais para a gestão e organização do processo. Assim, o terceiro e último artigo contido neste volume, referente

ao capítulo 4, propõe uma ferramenta a ser agregada aos processos de desenvolvimento de produtos já existentes. Porém, existe potencial para a melhoria da habilidade dos estudantes, o que poderia ser atingido com a inclusão de mais disciplinas de projeto no currículo.

É necessário recordar que muitas faculdades de Engenharia, ao transformarem-se em faculdades de ciências exatas, tem sacrificado o seu ímpeto projetual, dado que a projeção não está compreendida entre as disciplinas “duras”, analíticas, formalizáveis e ensináveis mediante uma didática já experimentada. Grande parte da bagagem científica colocada à disposição para a projeção cumpre somente uma função ritual e não uma função pragmática (BONSIEPE, s/d, p. 16).

Buchanan (1992) vê a disciplina de projetar como uma arte liberal da cultura tecnológica e, como tal, possuidora de sua própria técnica. Para o autor, possuir essa técnica ou modo de pensamento é possuir essa arte liberal, é a própria afirmação do ser humano da sua liberdade de buscar seu lugar no mundo. A técnica do projeto está em cada novo produto – planejar é argumentar em uma tentativa de integrar informações com a finalidade de responder a uma necessidade. Buchanan (1992) afirma que o sentido do projeto está em sobrepor as limitações de uma deliberação simplesmente verbal ou simbólica. Cada desenho, planta, fluxograma, gráfico, modelo tridimensional, ou outros produtos são exemplos do processo argumentativo.

A partir da observação de episódios de coevolução entre os requisitos e as alternativas de solução durante a simulação do projeto dos novos produtos, um modelo integrando as proposta de Reitman (1964) e Maher et al. (1996) pode ser sugerido, com a finalidade de tornar a incerteza inerente ao processo projetual compreensível aos alunos das disciplinas que tratam do desenvolvimento de novos produtos (Figura 5.1).

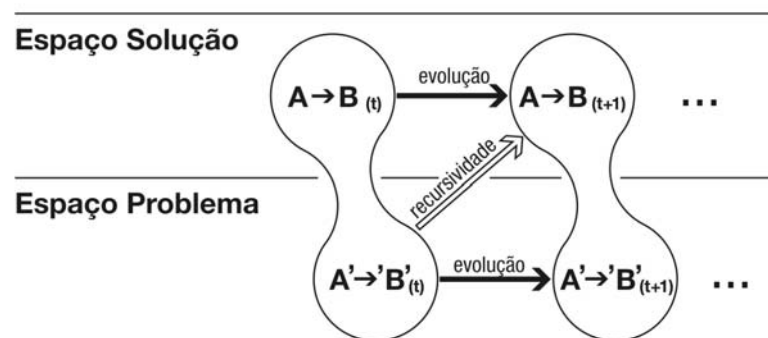


Figura 5.1 – Proposta de um modelo de Reitman-Maher para a coevolução

Durante toda a realização deste trabalho, textos a respeito da natureza dos problemas de projeto foram coletados. Eles serviram de base para a composição dos três artigos apresentados. Juntos, formam uma linha do tempo do conhecimento gerado sobre o assunto (Figura 5.2).

No.	Ano	Autor	Título	Referência Completa
1	1956	MCCARTHY, John	The Inversion of Functions Defined by Turing Machines	SHANNON, C. E.; MCCARTHY, J. Automata Studies. Princeton: Princeton University Press, 1956.
2	1961	MINSKY, Marvin	STEPS TOWARD ARTIFICIAL INTELLIGENCE	MINSKY, Marvin. Steps toward artificial intelligence. In: Proceedings of the IRE, v. 49, n. 1, p. 8-30, jan. 1961.
3	1964	REITMAN, Walter	A taxonomy of ill-defined problems has been offered by Walter Reitman in "Heuristic decision procedures, open constraints, and the structure of ill-defined problems", in G. L. Bryan and M. Shelly (eds.) <i>Human Judgments and Optimality</i> . Wiley, N. Y. 1964.	REITMAN, Walter. Heuristic decision procedures, open constraints, and the structure of ill-defined problems. in G. L. Bryan and M. Shelly (eds.) <i>Human Judgments and Optimality</i> . Wiley, N. Y. 1964.
4	1965	REITMAN, Walter	Cognition and Thought	REITMAN, Walter. <i>Cognition and Thought: An information-Processing Approach</i> . Wiley, 1965 (1966 no Bonsiepe?).
5	1969 (1981, 1996)	SIMON, Herbert A.	The sciences of the artificial	SIMON, Herbert Alexander. <i>The sciences of the artificial</i> . Cambridge: MIT, 1996. 3a edição.
6	1969	EASTMAN, Charles	Cognitive processes and ill-defined problems: a case study from design	EASTMAN, Charles M. Cognitive processes and ill-defined problems: a case study from design . In: Proceedings of the 1st International Joint Conference on Artificial Intelligence, pp. 669-690, Washington, 1969.
7	(1969) 1973 1984	RITTEL, Horst W. J. WEBBER, Melvin M.	Dilemmas in a general theory of planning	RITTEL, Horst W. J.; WEBBER, Melvin M. Dilemmas in a general theory of planning. In: <i>Policy Sciences</i> , vol. 4, pp. 155-169, 1973. (O texto aparece pela primeira vez em 1969 ("Dilemmas in a General Theory of Planning." Panel on Policy Sciences, American Association for the Advancement of Science. 4 (1969): 155-169) e é também publicado em 1974 (Rittel, H. W. J., & Webber, M. M. (1974). Dilemmas in a General Theory of Planning. <i>DMG-DRS Journal</i> , 8 (1), 31-39.)
8	1970	KUNZ, Werner. Rittel, Horst W. J.	Information science: on the structure of its problems	KUNZ, Werner. Rittel, Horst W. J. Information science: on the structure of its problems. <i>Information Storage Retrieval</i> , vol. 8, n. 2, pp. 95-98.
9	1972	NEWELL, A. SIMON, H.A	Human problem solving	NEWELL, A.; SIMON, H.A. <i>Human problem solving</i> . Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1972.
10	1984 (1972)	RITTEL, Horst W.J. (interviewed by Donald P. Grant and Jean-Pierre Protzen)	Second-generation Design Methods	CROSS, Nigel (ed.) <i>Developments in design methodology</i> . Chichester: Wiley, 1984. (entrevista originalmente publicada em <i>The DMG 5th Anniversary Report: DMG Occasional Paper No. 1 (1972)</i> , pp. 5-10)
11	1973	SIMON, Herbert A.	The structure of ill structured problems	SIMON, Herbert A. The structure of ill structured problems. In: <i>Artificial Intelligence</i> , v. 4, p. 181-201, 1973.
12	1983	MAYER, R. E.	Thinking, problem solving, cognition	MAYER, R. E. <i>Thinking, problem solving, cognition</i> . New York: W.H. Freeman, 1983.
13	1992	GOEL, Vinod	Comparison of well-structured and ill-structured task environments and problem spaces	GOEL, Vinod. Comparison of well-structured and ill-structured task environments and problem spaces. <i>Proceedings of the Fourteenth Annual Conference of the Cognitive Science Society Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1992</i> .
14	1992	GOEL, Vinod; PIROLLI, Peter	The structure of design problem spaces	GOEL, Vinod; PIROLLI, Peter. The structure of design problem spaces. <i>Cognitive Science</i> , vol. 16, pp. 395-429, 1992.
15	1992	BUCHANAN, Richard	Wicked problems in design thinking	BUCHANAN, Richard. Wicked problems in design thinking. <i>Design Issues</i> , vol. 8, n. 2, pp. 5-21, 1992.
16	2005	COYNE, Richard	Wicked problems revisited	COYNE, Richard. Wicked problems revisited. <i>Design Studies</i> , vol. 26, pp. 5-17, 2005
17	2006	DORST, Kees	Design Problems and Design Paradoxes	DORST, Kees. Design problems and design paradoxes. <i>Design Issues</i> : vol 22, n. 3, 2006.

Figura 5.2 – Lista dos textos sobre problemas

Reitman aparece como o pioneiro a tratar dos problemas mal definidos. Foi ele que propôs a estrutura básica para o estudo dos problema que serviu para a comparação das ideias de outros autores no primeiro artigo. Para Reitman (1964, p 291) a sequência de modificações que o vetor problema (A, B, →) sofre até refletir o vetor solução (A', B', →') é um adição constante de atributos. Estes atributos são informações modificadas e acrescentadas em cada um dos componentes pelo sistema que está resolvendo o problema originalmente mal

definido. O surgimento do conceito de problema mal definido, que tem suas raízes no trabalho de Marvin Minsky, possibilitou todo o desenvolvimento posterior.

A definição do objetivo do problema é o retrato do problema em si, a expressão verbal e visual de todas as idéias e de todos os resultados analíticos que tornam possível discutir o problema. Através da definição do problema se chega à sua clarificação, pela qual todos os participantes do processo de design chegam a um consenso sobre a problemática que se apresenta. Assim é possível fazer um julgamento sobre a importância dos diversos fatores. Todos os resultados da análise do problema de design podem ser incorporados à formulação da nova solução do problema (LÖBACH, 2001, p. 149).

Existem áreas da Engenharia de Produção e do Design que dividiram os mesmos ancestrais no pós-guerra. Os anos 1960 foram particularmente férteis para o estudo dos métodos de desenvolvimento de produtos. Nos quarenta anos que se seguiram à publicação dos primeiros estudos sobre métodos de projeto, a especialização das áreas parece ter acabado naturalmente com a união inicial entre o planejamento realizado tanto para a Arquitetura, quanto para o Design e a Engenharia. A facilidade em trocar informações que se tem hoje aponta a tendência para que, no futuro, um novo encontro de conhecimentos aconteça e dessa reunião possivelmente surjam os avanços necessários para lidar com novos problemas de projeto. As crescentes demandas de envolvidos com interesses opostos durante o desenvolvimento de um produto também sugerem a necessidade de uma reaproximação definitiva entre as áreas envolvidas no projeto de estruturas úteis ao ser humano. O contínuo aumento da complexidade destes problemas parece atingir um novo patamar com a preocupação ambiental adquirida pela sociedade e que requer soluções novas para problemas que já estavam parcialmente resolvidos. A demanda pela variedade, que produz a evolução tanto natural quanto tecnológica, como foi citado no primeiro capítulo, pode ser satisfeita pela produção de um volume adequado de alternativas durante a resolução de um problema de projeto de produto.

5.1 Sugestão para trabalhos futuros

Replicar um estudo de análise de protocolo de projeto de produto mais completo seria desafiador. A demanda por equipamentos e a alta carga horária necessária para transcrever mesmo que apenas algumas horas de reuniões de projeto inviabilizaram a execução desse

estudo neste momento. Contudo, a adaptação feita tendo como base a oportunidade de observar grupos mistos de alunos de Engenharia e de Design trabalhando juntos na resolução de um problema foi proveitosa, apesar de limitada. A coevolução pôde ser observada como descrita por Dorst e Cross (2001) e foram os resultados dessa experiência que apontaram a necessidade da qual partiu a contribuição deste estudo. O artigo 3 trouxe a proposta de um modelo que pretende auxiliar os estudantes na escolha de ferramentas para a geração de alternativas, a fim de diminuir o hiato entre a busca de informações e o processamento dessas informações em forma de novas tentativas de soluções.

Poderia ser continuado o trabalho de acompanhamento dos estudantes em disciplinas de desenvolvimento de produto, com o intuito de adicionar informações importantes à ferramenta proposta para a análise de problemas de projeto e escolha de técnicas de geração de alternativas. Tais ferramentas também poderiam ser adaptadas para equipes profissionais que atuem dentro de empresas no desenvolvimento de novos produtos.

Referências

- BONSIEPE, Gui. **Vivisseção do desenho industrial**. Rio de Janeiro: PUC-RJ, s/d.
- BUCHANAN, Richard. **Wicked problems in design thinking**. Design Issues, vol. 8, n. 2, p. 5-21, 1992.
- COYNE, Richard. **Wicked problems revisited**. Design Studies, v. 26, n. 1, p. 5-17, 2005.
- CROSS, Nigel. **Engineering design methods: strategies for product design**. Chichester: John Wiley & Sons, 2008.
- DORST, Kees; CROSS, Nigel. **Creativity in the design process: co-evolution of problem-solution**. Design Studies, vol. 22, pp. 425-437, 2001.
- DORST, Kees. **Design problems and design paradoxes**. Design Issues, vol. 22, n. 3, p. 4-17, 2006.
- GOEL, Vinod. **A comparison of well-structured and ill-structured task environments and problem spaces**. Proceedings of the Fourteenth Annual Conference of the Cognitive Science Society. Hillsdale: Erlbaum, 1992.
- LLOYD, Peter; SCOTT, Peter. **Discovering the design problem**. Design Studies, vol. 15, n. 2, p. 125-140, 1994.
- LÖBACH, Bernd. **Design industrial: bases para a configuração dos produtos industriais**. São Paulo: Blücher, 2001.

- MAHER, Mary L.; POON, Josiah; BOULANGER, Sylvie. **Formalising design exploration as co-evolution: a combined gene approach.** In: GERO, John (ed.). *Advances in formal design methods for cad.* London: Chapman & Hall, 1996.
- MINSKY, Marvin. **Steps toward artificial intelligence.** In: *Proceedings of the IRE*, v. 49, n. 1, p. 8-30, 1961.
- REITMAN, Walter R. **Heuristic decision procedures, open constraints, and the structure of ill-defined problems.** In: BRYAN, G. L.; SHELLY, M. (eds.). *Human judgments and optimality.* New York: Wiley, 1964.