



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Faculdade de Engenharia Mecânica

FERNANDA CARRETTA

Ferramentas de criatividade para o desenvolvimento de produtos

CAMPINAS
2019

FERNANDA CARRETTA

Ferramentas de criatividade para o desenvolvimento de produtos

Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica, na Área de Mecânica dos Sólidos e Projeto Mecânico.

Orientador: Prof. Dr. Franco Giuseppe Dedini

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL
DA DISSERTAÇÃO DEFENDIDA PELA ALUNA
FERNANDA CARRETTA, E ORIENTADA PELO PROF.
DR. FRANCO GIUSEPPE DEDINI.

CAMPINAS
2019

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Área de Engenharia e Arquitetura
Rose Meire da Silva - CRB 8/5974

C233f Carretta, Fernanda, 1988-
Ferramentas de criatividade para o desenvolvimento de produtos /
Fernanda Carretta. – Campinas, SP : [s.n.], 2019.

Orientador: Franco Giuseppe Dedini.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade
de Engenharia Mecânica.

1. Pensamento criativo. 2. Inovação. 3. Projetos - Metodologia. 4. Desenho
industrial. 5. Engenharia - Estudo e ensino. I. Dedini, Franco Giuseppe, 1957-.
II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Mecânica.
III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Creativity tools for product development

Palavras-chave em inglês:

Creative thinking

Innovation

Design methodology

Industrial design

Engineering - Study and teaching

Área de concentração: Mecânica dos Sólidos e Projeto Mecânico

Titulação: Mestra em Engenharia Mecânica

Banca examinadora:

Franco Giuseppe Dedini [Orientador]

Gregory Bregion Daniel

Zilda de Castro Silveira

Data de defesa: 25-02-2019

Programa de Pós-Graduação: Engenharia Mecânica

Identificação e informações acadêmicas do(a) aluno(a)

- ORCID do autor: <https://orcid.org/0000-0002-4181-1673>

- Currículo Lattes do autor: <http://lattes.cnpq.br/0534429705242539>

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
MECÂNICA
DEPARTAMENTO DE SISTEMAS INTEGRADOS**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO ACADÊMICO

Ferramentas de criatividade para o desenvolvimento de produtos

Autora: Fernanda Carretta

Orientador: Prof. Dr. Franco Giuseppe Dedini

A Banca Examinadora composta pelos membros abaixo aprovou esta Dissertação:

**Prof. Dr. Franco Giuseppe Dedini
Universidade Estadual de Campinas**

**Prof. Dr. Gregory Bregion Daniel
Universidade Estadual de Campinas**

**Prof.^a Dra. Zilda de Castro Silveira
Universidade de São Paulo**

A Ata da defesa com as respectivas assinaturas dos membros encontra-se no processo de vida acadêmica do aluno.

Campinas, 25 de fevereiro de 2019.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente aos meus pais Inez Kazmierczak e Luiz Clóvis Carretta, que não pouparam esforços para que eu pudesse me tornar quem eu sou hoje. Obrigada por todo auxílio e preocupação que me foram dedicados ao longo de toda minha vida.

Tenho muito a agradecer ao meu namorado, Elvis Bertoti, pelo companheirismo ao longo destes três anos, pelo apoio emocional e pela motivação que me foram conferidos antes do início do mestrado e, principalmente, nos momentos de estresse e cansaço excessivos que têm ocorrido nos últimos meses. Espero estar conseguindo retribuir toda a felicidade que você tem me proporcionado neste tempo que estamos juntos.

Ao meu Orientador, Prof. Franco Giuseppe Dedini, por ter me aceitado no programa de mestrado, me sugerido um tema tão atual e que pudesse contribuir com a formação de minha graduação como designer de produto, mas, principalmente, pela amizade estabelecida ao longo destes dois anos. Agradeço pela confiança dada a mim, me conferindo autonomia no processo da pesquisa, isso certamente me fez evoluir como profissional e pesquisadora. Sua proposta de um ambiente descontraído e plural, como o LabSIn, favorecendo o convívio com pessoas de diversas áreas, certamente contribui para o desenvolvimento pessoal e profissional de todos.

À minhas amigas Anna Carolina Legroski, Gissely Santos, Marina Chiara Legroski, Silvia Mara Guarezi, e, ainda, as que foram morar mais longe, Carolina Mayumi, Luiza Jasper e Silvia Rita. Agradeço muito pela compreensão por minha ausência nestes últimos anos e por, ainda assim, não deixarem de estar presentes na minha vida. Sou muito grata em saber que posso contar com a amizade de pessoas incríveis como vocês.

A todo o pessoal do LabSIn, pela parceria e todo o apoio que me proporcionaram direta ou indiretamente, em especial Adriana Yumi Sato Duarte, Jéssica Barbieri Gentile, Nathália Marcia Goulart Pinheiro e Rodrigo Yamashita. Muito obrigada pelo suporte, seja no Laboratório, nos artigos, nos trabalhos das disciplinas e, ainda, pela parceria e amizade fora da universidade. Agradeço em especial à Prof^a Ludmilia Corrêa de Alkmin e Silva, que me ofereceu uma grande ajuda tanto na dissertação como no artigo publicado e, ainda, por participar de minha banca de qualificação. Suas orientações foram fundamentais para que eu conseguisse encontrar uma direção nas etapas dos trabalhos em que eu estava procurando um rumo. A todos vocês, lhes desejo muita sorte e dedicação em seus projetos, espero que continuemos mantendo o contato posteriormente.

Agradeço os professores das bancas de qualificação e de defesa, Prof. Gregory Bregion Daniel, Prof^a Ludmilia Corrêa de Alkmin e Silva e Prof^a Zilda Silveira de Castro, as sugestões que me foram cedidas contribuíram muito para a melhoria deste trabalho.

Agradeço também aos graduandos que cursaram a disciplina EM909 – Projeto de Sistemas Mecânicos, do curso de Engenharia Mecânica da Unicamp, no segundo semestre de 2018. A dedicação de vocês na realização das atividades propostas na disciplina foi fundamental para que o estudo deste trabalho pudesse ser realizado. Desejo a vocês muita sorte para que consigam concretizar todos os seus planos em sua vida profissional que, como foi notado em nossa convivência neste semestre, já foi iniciada com muito empenho.

Tenho muito a agradecer à Unicamp e a toda a comunidade da Faculdade de Engenharia Mecânica, pela excelente estrutura oferecida para promover a aprendizagem e o desenvolvimento de pesquisas. Enfim, agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro concedido para a realização desta pesquisa.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Agradeço a todos pelo apoio!

*É necessário provocar confusão sistematicamente,
isso promove a criatividade. Tudo o que é contraditório
cria vida.*

Salvador Dalí

Resumo

CARRETTA, Fernanda. Ferramentas de criatividade para o desenvolvimento de produtos. 2019. 137p. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

A criatividade é um fator importante no desenvolvimento de projetos, sendo uma habilidade profissional cada vez mais requisitada pelo mercado a fim de suprir a constante demanda por produtos inovadores e de alto valor agregado por parte de seus consumidores. Apesar disso, esta competência não tem sido uma temática comumente exercitada no ensino das carreiras técnicas. Portanto, considerando a oportunidade de aperfeiçoamento das habilidades criativas dos estudantes de engenharia, este trabalho tem como objetivo avaliar as ferramentas de criatividade abordadas no ensino da metodologia de projeto. Para isso, foram destacadas as ferramentas de criatividade mais utilizadas na prática da metodologia de desenvolvimento de produtos. As ferramentas selecionadas foram o Brainstorming, o Método 6.3.5, o Quadro Morfológico, o Método da Inversão, da Galeria e o *Synectics*. Então, se avaliou a aplicação deste grupo de ferramentas por meio de exercícios práticos realizados com estudantes de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas, assim como a abordagem do conceito de criatividade em sala de aula. As análises dos resultados da aplicação destes métodos foram úteis para compreender como acontece o processo de desenvolvimento das habilidades criativas nos estudantes. Foi observado que tanto o ensino teórico quanto o prático destas ferramentas foram importantes para o aperfeiçoamento da capacidade de geração de soluções criativas pelos alunos. O ensino dos conceitos acerca da criatividade e das ferramentas que promovem a geração de ideias, incluindo sua aplicação prática, mostrou ser indispensável para tornar os alunos cientes de sua própria criatividade. Portanto, ao favorecer que os estudantes se tornem capazes de delinear e selecionar processos que promovem um ambiente propício para a criatividade, contribui-se com o desenvolvimento profissional destes alunos.

Palavras-Chave: Pensamento criativo, Inovação, Projetos – Metodologia, Desenho industrial, Engenharia - Estudo e ensino.

Abstract

CARRETTA, Fernanda. Creativity tools for product development. 2019. 137p. Master Thesis. School of Mechanical Engineering, University of Campinas, Campinas.

Creativity is an important factor in the field of project development, being it a professional skill increasingly required by the market, the goal of which is to meet the constant demand by its costumers for innovative products with ever higher added value. Despite of this fact, this competence has not been a commonly practiced theme in the training of technical careers. Therefore, considering the opportunity to improve creative abilities in engineering students, this work aims to evaluate the creativity tools addressed in the teaching of the project methodology. In order to achieve this goal, the most frequently employed creativity tools in the methodology of product development were highlighted. From this step, the Brainstorming, Method 6.3.5, Morphological Chart, Inversion Method, Gallery and Synectics tools were selected. Then, the application of this group of tools was evaluated by means of practical exercises performed with Mechanical Engineering students of the State University of Campinas, as well as the approach to the concept of creativity in the classroom. The analyzes of the results obtained from the application of these methods were useful to understand how the process of developing creative skills in students happens. It was observed that both the theoretical and the practical teaching of these tools were important for the improvement of their ability to generate creative solutions. The teaching of concepts about creativity and of the tools that promote the generation of ideas, including its practical application, proved to be indispensable to make students aware of their own creativity. Therefore, by encouraging students to outline and select processes that promote a suitable environment for fostering creativity, it is possible to contribute to the professional development of these students.

Keywords: Creative thinking, Innovation, Design methodology, Industrial design, Engineering - Study and teaching.

Lista de Ilustrações

Figura 1 - Relação entre criatividade, conhecimento e estilo de pensamento.	20
Figura 2 – Comparativo entre o pensamento vertical e o pensamento lateral.	27
Figura 3 - Diagrama da metodologia de projeto adotada.....	32
Figura 4 - Principais tipos de técnicas para geração de ideias.	35
Figura 5 - Exemplo de formulário para realização do método 6.3.5.	45
Figura 6 - Estudo com distribuição das ferramentas aplicadas.	63
Figura 7 - Temas propostos para cada exercício de criatividade.....	68
Figura 8 - Proporção de ideias viáveis, promissoras e absurdas.	81
Figura 9 - Exemplo de resultado do Método 6.3.5 de equipe que apresentou requisitos, funções secundárias ou subfunções para uma “máquina doméstica automatizada para fazer alimentos”.....	83
Figura 10 - Exemplo de soluções finais resultantes do Método 6.3.5, para uma máquina doméstica automatizada para fazer alimentos.....	84
Figura 11 - Exemplo de soluções finais para “módulo para motorização para cadeira de rodas” resultantes do Quadro Morfológico.	87
Figura 12 – Exemplo de Quadro de Inversão para uma “churrasqueira doméstica” preenchido por uma das equipes.	89
Figura 13 - Exemplo de soluções finais para uma churrasqueira doméstica desenvolvidas a partir do método da Inversão.....	90
Figura 14 - Quadro de Inversão preenchido pela equipe que posteriormente utilizou outra ferramenta de criatividade.....	91
Figura 15 - Quadro Morfológico para uma “churrasqueira doméstica” preenchido a partir do Quadro de Inversão.	91
Figura 16 - Soluções para churrasqueira doméstica apresentadas por equipe que utilizou os métodos Inversão e Quadro Morfológico.	92
Figura 17 - Exemplo de carrinho de compras portátil resultante da aplicação do método Galeria.	95
Figura 18 – Composição de esboços de alternativas para um carrinho de compras portátil, obtidas durante a aplicação do método Galeria.....	96
Figura 19 - Exemplo de solução final para um novo modelo de guarda-chuva, obtida por meio do método <i>Synectics</i> , de equipe que o aplicou para o desenvolvimento do formato do produto.....	98
Figura 20 - Exemplo de solução final para um novo modelo de guarda-chuva, obtida por meio do método <i>Synectics</i> , de equipe que o aplicou para a substituição de materias.	99
Figura Anexo C.1 – Esboço individual realizado durante a aplicação do método Galeria para um “Carrinho de compras portátil”.....	131
Figura Anexo C.2 – Esboço individual realizado durante a aplicação do método Galeria para um “Carrinho de compras portátil”.....	132
Figura Anexo C.3 – Esboço individual realizado durante a aplicação do método Galeria para um “Carrinho de compras portátil”.....	133

Figura Anexo C.4 – Esboço individual realizado durante a aplicação do método Galeria para um “Carrinho de compras portátil”	134
Figura Anexo C.5 – Esboço individual realizado durante a aplicação do método Galeria para um “Carrinho de compras portátil”	135
Figura Anexo C.6 – Esboço individual realizado durante a aplicação do método Galeria para um “Carrinho de compras portátil”	136
Figura Anexo C.7 – Esboço individual realizado durante a aplicação do método Galeria para um “Carrinho de compras portátil”	137

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Métodos de criatividade citados por autores de metodologia.	38
Tabela 2 - Ferramentas de criatividade.	39
Tabela 3 - Parâmetros de Engenharia da TRIZ.....	57
Tabela 4 - Princípios inventivos da TRIZ.	58
Tabela 5 - Matriz de contradição da TRIZ.....	59
Tabela 6 - Principais particularidades dos métodos de criatividade	101

Sumário

1	Introdução.....	15
1.1	Objetivo principal.....	17
1.2	Objetivos secundários	17
2	Criatividade.....	18
2.1	Definição de criatividade.....	18
2.2	A criatividade como característica pessoal	19
2.3	Categorização da criatividade	21
2.4	A criatividade no ensino de engenharia	22
2.5	A criatividade no desenvolvimento de produtos	23
3	Metodologia de projeto.....	29
4	Métodos de criatividade	34
4.1	Métodos intuitivos.....	39
4.1.1	<i>Synectics</i>	40
4.1.2	Brainstorming	41
4.1.3	Brainwriting ou 6.3.5.....	44
4.1.4	Pensamento Lateral.....	46
4.1.5	Galeria	48
4.1.6	Delphi.....	48
4.2	Métodos sistemáticos	49
4.2.1	Quadro Morfológico	50
4.2.2	Inversão	52
4.2.3	Analogia sistemática	53
4.3	Métodos orientados.....	55
4.3.1	TRIZ.....	55
4.3.2	SIT.....	60
5	Materiais e Métodos	62
5.1	Estudo – primeira etapa.....	65
5.1.1	Aplicação da atividade inicial	65
5.2	Estudo – segunda etapa	66
5.2.1	Aplicação do método Brainstorming.....	69
5.2.2	Aplicação do Método 6.3.5.....	71
5.2.3	Aplicação do método Quadro Morfológico.....	72
5.2.4	Aplicação do método Inversão.....	73
5.2.5	Aplicação do método Galeria	74

5.2.6	Aplicação do método <i>Synectics</i>	76
6	Resultados e discussões	78
6.1	Primeira etapa	78
6.1.1	Resultados da Atividade inicial	78
6.2	Segunda etapa	80
6.2.1	Resultados do método Brainstorming.....	81
6.2.2	Resultados do método 6.3.5.	82
6.2.3	Resultados do método Quadro Morfológico.....	85
6.2.4	Resultados do método Inversão	88
6.2.5	Resultados do método Galeria	94
6.2.6	Resultados do método <i>Synectics</i>	98
6.3	Resultados gerais	100
7	Conclusão	103
7.1	Trabalhos futuros.....	105
	Referências	107
	Apêndice A - Publicações	115
	Apêndice A.1 - Periódicos.....	115
	Anexo A – Organogramas gerais das etapas da metodologia de projeto	116
	Anexo B - Enunciados dos exercícios	119
	Anexo B.1 - Atividade Inicial: Turma B	119
	Anexo B.2 - Atividade Inicial: Turma A	120
	Anexo B.3 - Exercício sobre Brainstorming	121
	Anexo B.4 - Exercício sobre 6.3.5.....	122
	Anexo B.5 - Exercício sobre Quadro Morfológico	123
	Anexo B.6 - Exercício sobre Inversão	125
	Anexo B.7 - Exercício sobre Galeria.....	127
	Anexo B.8 - Exercício sobre <i>Synectics</i>	128
	Anexo C – Exemplo do exercício sobre Galeria	130

1 Introdução

Devido ao rápido avanço da ciência e tecnologia, instrumentos de aprendizagem orientados para desenvolvimento da criatividade e capacidade da solução de problemas tornaram-se essenciais para o desenvolvimento dos alunos de áreas técnicas. Para que sejam capazes de enfrentar os desafios da 4ª Revolução Industrial, é imprescindível que os estudantes desenvolvam as habilidades de pensamento criativo e solução de problemas (Hidayat; Susilaningsih; dan Cepi, 2018). Por ter se tornado uma habilidade essencial para estes profissionais, a criatividade deve, inclusive, ser trabalhada como parte da formação básica de engenheiros (Bourgeois-Bougrine et al., 2017). Portanto, promover a criatividade nos estudantes tornou-se uma responsabilidade adicional dos professores em sala de aula (Soh, 2017).

Hoje, em decorrência das diversas mudanças econômicas e da globalização, não se pode mais pensar na formação do engenheiro sem considerar sua futura colocação no mercado. A formação atualmente atenta para o desenvolvimento de outros atributos profissionais além da formação técnico-científica (Ribeiro, 2009). A exemplo disso, a importância das habilidades criativas tem aumentado exponencialmente nos últimos anos (King; Schlicksupp, 1999). Porém, apesar de ter se tornado uma habilidade fundamental a profissionais que atuam com desenvolvimento de produtos, a criatividade ainda não é uma temática comumente trabalhada no ensino das engenharias. Em uma análise pedagógica dos cursos de engenharia foi identificada uma oportunidade de crescimento no aperfeiçoamento e habilidades criativas dos estudantes (Dym et al., 2005). Em pesquisa sobre fatores de bloqueio à criatividade, Pereira e Jung (2014) revelaram que é possível influenciar, positiva ou negativamente, os processos criativos e inovadores nos alunos. Entretanto, nos currículos das engenharias raramente há espaço para solução de problemas em grupos ou desenvolvimento da criatividade (Ribeiro, 2009). O autor explica que nos currículos de engenharia existe um foco excessivo em conteúdo de âmbito técnico ou científico, em um número elevado de disciplinas, em que raramente se reflete sobre o significado deste conteúdo.

O desenvolvimento de projetos é uma habilidade que os estudantes precisam adquirir, sendo um dos elementos críticos no ensino da engenharia (Atman et al., 2007). A solução de um problema de projeto requer um planejamento para o desenvolvimento de uma ou mais soluções do problema em questão (Back, 2008). O processo de desenvolvimento de um projeto é, essencialmente, um exercício de aplicação da criatividade (Dedini; Cavalca, 1993). Corroborando essa afirmação, Pahl et al. (2005) defendem que, da perspectiva da psicologia do trabalho, o ato de projetar é um processo intelectual e criativo que requer uma base de conhecimento em diversas áreas.

Várias técnicas e princípios científicos podem ser adotados para o desenvolvimento de um projeto. Este conjunto de atividades é usualmente chamado de metodologia de projeto, que é utilizada pela equipe responsável para resolver um dispositivo,

sistema ou processo, detalhando-os com a finalidade de permitir sua execução. Segundo Norton (2003), a fase de criação é a parte mais satisfatória do projeto, mas, também, é a parte mais difícil para quem está projetando. Porém, mediante a realização de exercícios e treinamentos é possível desenvolver certas habilidades para que o uso da imaginação se constitua em um processo natural no decorrer do projeto (Sozo; Forcellini, 2001).

Para Baxter (2011), a criatividade é normalmente resultante de combinações, associações, expansões ou visão de ideias existentes sob uma nova perspectiva. Ao tratar sob o âmbito cognitivo, a definição e a medida comportamental e neurofisiológica da resolução de problemas são um grande desafio para a neurociência cognitiva contemporânea (Sprugnoli et al., 2017). Em estudo recente realizado por meio de revisão bibliográfica, Benedek e Fink (2019) trazem evidências da pesquisa cognitiva e da neurociência, que revelam alguns mecanismos típicos do pensamento criativo. Entre esses mecanismos estão o processo de memória construtiva, para construir novos significados, atenção voltada ao incentivo da imaginação ativa e a importância da gestão executiva na implementação de processos que promovam estas características. Portanto, considerando que a criatividade é um ponto importante no desenvolvimento de projetos, maneiras de se promover a criatividade vêm sendo vastamente estudadas e empregadas desde o estabelecimento de sua definição padrão, proposta por Stein (1953) e Barron (1955), e em publicações mais recentes como Hsiao e Chou (2004), Runco e Jaeger (2012), Pereira e Jung (2014), Diedrich et al. (2015) e Acar, Burnett e Cabra (2017). Métodos para se promover a criatividade nas fases de geração de soluções são apresentados por diversos autores de metodologia de projeto, como Carvalho e Back (2000), Sozo e Forcellini (2001), Pahl et al. (2005), Rozenfeld (2006), Baxter (2011), Dedini (2018), entre outros. Estes métodos de criatividade consistem em meios para tornar inovação possível de ser planejada ao assumir que a criatividade no processo de projeto não é casual (Carvalho; Back, 2000).

Assim, o escopo deste trabalho consiste na compreensão dos processos criativos para avaliação dos métodos de criatividade e posterior discussão sobre qual é o impacto do ensino destas ferramentas na metodologia de projeto. Apesar do foco maior ser dado às publicações voltadas à área de metodologia de projeto, e sobretudo engenharia, serão consideradas, também, as perspectivas de autores de *design*¹, psicologia e gestão.

¹ Os termos “*Design*” ou “*Desenho Industrial*” são adotados neste trabalho conforme critério da *World Design Organization*: “processo estratégico de solução de problemas que impulsiona a inovação, constrói o sucesso do negócio e leva a uma melhor qualidade de vida por meio de produtos, sistemas, serviços e experiências inovadores” (WDO, 2019).

1.1 Objetivo principal

Este trabalho tem como objetivo avaliar as ferramentas de criatividade abordadas no ensino de metodologia de projeto no curso de Engenharia Mecânica da Unicamp. Para isso, foram realizadas a caracterização e o entendimento destas ferramentas mediante a realização de laboratórios com graduandos da disciplina.

1.2 Objetivos secundários

- Fundamentar teoricamente o conceito de criatividade e sua relação com a metodologia de projeto de produto;
- Explorar as ferramentas de criatividade mais utilizadas nas metodologias de projeto adotadas no ensino de engenharia;
- Justificar a seleção de ferramentas de criatividade comumente empregadas no ensino de metodologia de projeto;
- Realizar uma análise com estudantes de graduação, propondo exercícios que consistiam na solução de problemas com e sem as ferramentas de criatividade selecionadas;
- Analisar os resultados dos exercícios e, quando possível, comparar as ferramentas entre si e com a etapa em que não havia método recomendado para a resolução;
- Elencar quais foram as ferramentas que mais promoveram concepções criativas, de acordo com a definição apresentada na revisão bibliográfica.

2 Criatividade

2.1 Definição de criatividade

A criatividade sempre teve sua definição questionável. Apesar de já se ter acreditado que a criatividade não fosse possível de ser definida com precisão por ser demasiadamente intangível (Torrance 1988, *apud* Acar; Burnett; Cabra, 2017), Barron (1955) e Stein (1953) apresentaram uma definição que tem sido adotada como padrão por diversos outros autores. Esta definição tida como padrão consiste na premissa de que a criatividade é composta por dois fatores: a originalidade e a utilidade. Para ser considerado criativo, um produto tem de ser original, mas também tem que ser útil. Embora tenha sido consolidada por Barron e Stein, os dois fatores que compõem esta definição já foram encontrados em publicações anteriores a 1900 (Runco; Jaeger, 2012). Esta definição é sustentada pela descrição de De Masi (2000), que esclarece que a criatividade consiste em um processo que possibilita uma pessoa a ter ideias novas e fantasiosas mas que, além disso, seja capaz de concretizá-las. Em outras palavras, autor aborda a criatividade como uma síntese entre a fantasia e a concretude, argumentando ser um processo complexo que exige uma habilidade excepcional do indivíduo para unir estas duas qualidades tão díspares.

Ao tratar a criatividade como sendo síntese dos dois fatores, Acar, Burnett e Cabra (2017) definem a originalidade como um termo composto de características como a novidade e a infrequência, isto é, o original é aquilo que é incomum. Já a utilidade está relacionada à eficácia, ao valor, à adequação ou à adaptabilidade. Embora ambos os fatores terem sido considerados por muito tempo como tendo igual importância para a criatividade, Diedrich et al. (2015) realizaram um estudo para testar a utilidade desta definição na avaliação das ideias. Os autores observaram que os dois fatores podem não ser igualmente importantes para denotar a criatividade de um produto, concluindo que o fator originalidade é mais importante do que utilidade.

Assim como Diedrich et al. (2015), Acar, Burnett e Cabra (2017) também verificaram que para explicar a criatividade, o fator originalidade é mais importante do que o fator utilidade. Os autores realizaram uma análise empírica em que foram considerados outros dois fatores – a surpresa e a estética, fatores também comumente utilizados na definição de criatividade. Além de Stein (1953) e Barron (1955), estes fatores são baseados nas definições utilizadas pelo escritório de patentes dos EUA e pelo Modelo de Análise do Produto Criativo. Mesmo considerando os quatro fatores ao invés de apenas dois, Acar, Burnett e Cabra (2017) concluíram que a originalidade é o fator correlato mais forte com a criatividade. Portanto, neste trabalho o fator originalidade é adotado como o de maior relevância para a criatividade.

2.2 A criatividade como característica pessoal

A criatividade tratada como característica individual, fazendo parte da personalidade de algumas pessoas, tem sido considerada em alguns estudos como Li et al. (2007), Helson, Roberts e Agronick (1995) e o próprio Barron (1955), um dos pioneiros na definição da criatividade.

Pesquisas indicam que as habilidades criativas diminuem com o avanço da idade à medida que as habilidades de julgamento aumentam gradativamente (Osborn, 1975). As escolas e universidades estimulam o desenvolvimento do pensamento lógico que, apesar de eficaz, é incompleto (De Bono, 1986). Osborn (1975) também defende que esta diminuição da criatividade pode ser provocada pela educação, pois que o desenvolvimento da capacidade julgadora é estimulado na maioria das atividades. O autor também aponta outros fatores que também interferem no crescimento do julgamento em detrimento à criatividade, como a experiência do indivíduo, desânimo próprio e sua timidez.

Considerando que a originalidade é definitivamente necessária à criatividade, se algo não é incomum, único ou novo, não é original e, portanto, não é criativo (Runco; Jaeger, 2012). Barron (1955) buscou identificar pessoas que pensam de maneira mais original e as que pensam de maneira menos original, comparando os estilos de vida de pessoas com estas duas características opostas. Após analisar as características de ambos os grupos de indivíduos, o autor declara que “A originalidade está relacionada à independência do julgamento, complexidade pessoal e preferência pela complexidade nos fenômenos, à autoafirmação e ao domínio e, finalmente, à rejeição da supressão como mecanismo de controle do impulso” (Barron, 1955). O autor também descobriu que a originalidade está presente em pessoas que possuem traços de rebeldia, desordem e exibicionismo. Em estudo sobre a natureza e continuidade da personalidade criativa, Helson, Roberts e Agronick (1995) salientam que indivíduos criativos são abertos à mudança e, inclusive, relatam que sua personalidade mudou na época da faculdade.

A criatividade individual pode influenciar os mecanismos criativos para a solução de problemas (Jung; Chang, 2017). Li et al. (2007) também defendem que o fator mais determinante para o pensamento criativo em uma pessoa é seu estilo de pensar. Ao relacionar conhecimento e criatividade, os autores defendem que o conhecimento pode ser um fator positivo ou negativo para a criatividade, dependendo do estilo de pensar do indivíduo. Os autores argumentam que o pensamento criativo cresce com o aumento do conhecimento; porém, se o conhecimento continua a aumentar e a pessoa permanecer limitada no contexto de seus conhecimentos e experiências, sua criatividade pode diminuir devido à inércia psicológica. A Figura 1 mostra esta relação entre a criatividade, o conhecimento e o estilo de pensamento.

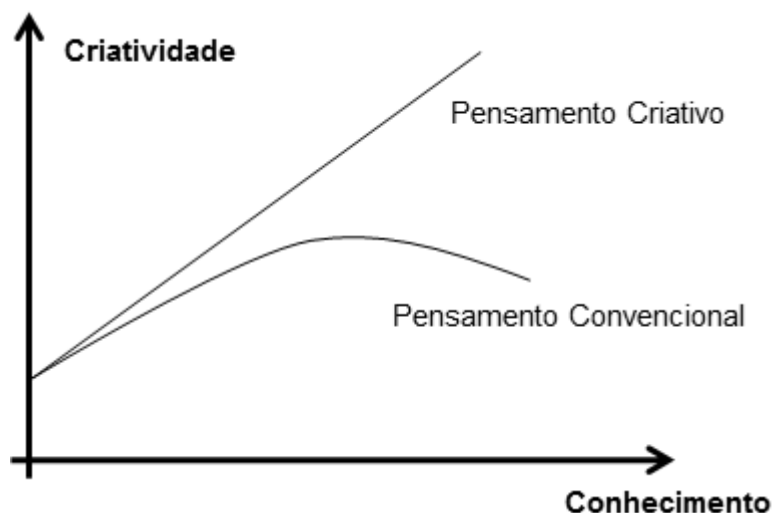


Figura 1 - Relação entre criatividade, conhecimento e estilo de pensamento.

Fonte: Traduzido de Li et al. (2007).

A criatividade pode contribuir para que uma pessoa não permaneça estagnada pela inércia de seu próprio conhecimento, auxiliando a utilizar este conhecimento de forma flexível. O principal requisito para a criatividade é sempre buscar novos caminhos, procurando evitar seguir seu estilo de pensamento usual (Li et al., 2007). Para ser criativo é necessário se libertar dos bloqueios que governam as ações do dia a dia. Para ultrapassar as ideias mais óbvias é necessário exercitar os pensamentos laterais (também chamados de bissociações) e a capacidade de realizar novas associações (Baxter, 2011). Um estudo realizado por Yuan e Lee (2014) corrobora esta proposição. Ao relacionar alguns fatores do desenvolvimento do projeto com a criatividade do resultado, os autores observaram que, entre outros aspectos, a atenção excessiva apenas nas questões do projeto pode reduzir a criatividade da equipe.

A conexão entre conceitos não relacionados e o surgimento de novos padrões no nível perceptivo fazem parte do que é conhecido como *insight*, também denominado Eureka ou experiência “Aha”. O momento Eureka caracteriza-se quando uma pessoa se vê presa a um problema e, repentinamente, consegue uma solução clara por meio da percepção. Acredita-se que ele acontece quando uma pessoa se livra de suposições injustificadas ou forma novas conexões, relacionadas ao campo do problema, entre conceitos ou habilidades existentes (Bowden et al., 2005). Quando uma pessoa tem um *insight*, ou seja, um “momento imprevisível de pensamento excepcional”, seu cérebro está nada mais do que estabelecendo conexões entre conceitos previamente não relacionados, tornando perceptíveis novos padrões e novas soluções para problemas anteriormente sem solução (Sprugnoli et al., 2017). Apesar do aumento de sua atenção na pesquisa psicológica, ainda é difícil determinar com precisão quais são os mecanismos implícitos à percepção. Porém, o estudo de Bowden et al. (2005) sugere que o *insight*, acontece quando os projetistas se envolvem

em processos neurais e cognitivos distintos, fazendo com que percebam conexões que não eram percebidas anteriormente.

Conforme já comentado, a maneira de pensar de uma pessoa pode interferir em seus mecanismos criativos para a solução de problemas. E a maneira ou estilo de pensar de um projetista, por sua vez, pode ser estimulado por meio de disciplinas de projeto ou no trabalho prático. Os indivíduos mais criativos não precisam necessariamente ter formação na área de *design*, contudo, pessoas que estudaram desenho industrial ou outra área relacionada tem o pensamento criativo mais desenvolvido em relação às pessoas que não foram treinadas para o pensamento sistemático de *design*, presumindo o treinamento relacionado à esta área do conhecimento pode promover a internalização do pensamento criativo, influenciando positivamente os mecanismos criativos para a solução de problemas (Jung; Chang, 2017).

Maneiras de se promover a criatividade tem sido amplamente estudadas e aplicadas desde que sua definição padrão foi estabelecida por Barron (1955) e Stein (1953). Algumas publicações mais recentes também abordam meios de superar os bloqueios da criatividade, como Hsiao e Chou (2004), Runco e Jaeger (2012), Pereira e Jung (2014), Diedrich et al. (2015) e Acar, Burnett e Cabra (2017). Na engenharia, métodos para se promover a criatividade costumam ser empregados nas fases de geração de ideias para a solução de problemas de projeto. Alguns autores como Back (2000), Sozo e Forcellini (2001), Pahl et al.(2005), Rozenfeld (2006), Baxter (2011) e Carvalho e Dedini (2018), e são exemplos de autores que abordam os processos criativos sob a perspectiva de projeto de desenvolvimento de produtos.

2.3 Categorização da criatividade

A criatividade é vista na literatura conforme duas vertentes: a criatividade cotidiana, que pode ser encontrada em quase todas as pessoas, e a criatividade eminente, que é reservada para os grandes inventores. Kaufman e Beghetto (2009) propuseram um modelo de categorização da criatividade composta por 4 níveis, chamando-os de “4Cs”. Este modelo visa considerar a capacidade criativa, os interesses e as atividades a níveis mais específicos na definição do que significa ser criativo. Os 4Cs definidos por Kaufman e Beghetto são:

mini-c: criatividade que é inerente a percepções pessoalmente significativas. Embora não exista restrições de idade, a maioria dos criadores experimentam a *mini-c* no início da vida. Este nível de criatividade pode ser encorajado por professores, pais e mentores ao ajudar a criatividade a se desenvolver.

little-c: pouca criatividade, que é evidente nos atos criativos todos os dias, inexpressivos. A criatividade normalmente tratada como cotidiana pode, neste modelo, se estender desde o *mini-c* até o *pro-c*.

pro-c: são conquistas profissionais criativas reconhecidas socialmente. O criador pode, mesmo no estágio *mini-c*, alcançar um status de nível profissional, sendo capaz de trabalhar em problemas, projetos e ideias que afetam o domínio como um todo.

big-c: caracterizada pela criatividade eminente que muda um domínio de trabalho. Um inventor pode permanecer no estágio *pro-c* por toda sua vida e, depois de muitos anos, realizar alguma contribuição duradoura para seu campo em nível de *big-c*. Apenas a história dirá se este criador entrou de fato para o grupo dos criadores *big-c* ou se será esquecido com o tempo.

Os autores desta categorização da criatividade afirmam que todos os aspectos da criatividade podem ser experimentados por quase todos em algum momento de suas vidas. Se uma pessoa resolve experimentar alguma coisa nova, como se arriscar a fazer um sorvete caseiro ou iniciar um blog de vídeo, ela está experimentando o *mini-c*. Da mesma forma, se alguém resolve tirar uma nova música no violão ou testar um novo caminho para casa, estará experimentando o nível de criatividade *little-c*. O nível *pro-c* também pode ser experimentado por muitas pessoas em sua criatividade diária, mas apenas algumas pessoas desfrutarão da criatividade *big-C*, em uma distinção tipicamente póstuma (Kaufman; Beghetto, 2009).

Ao aplicar esta caracterização da criatividade na área de engenharia, o nível de criatividade mais adequado para ser tratado é o Pro-C, que abrange as soluções de problemas a nível profissional. Portanto, já que o campo de estudo é o ensino de engenharia, o nível Pro-C de criatividade é o adotado neste trabalho para abordar o desenvolvimento de habilidades criativas nos estudantes.

2.4 A criatividade no ensino de engenharia

A criatividade é, em sua maior parte, uma decisão que qualquer pessoa pode tomar, mas que poucas pessoas realmente o fazem por acharem difícil e custosa. A sociedade exerce um importante papel na criatividade, podendo aumentar as recompensas e diminuir os custos de um processo de projeto (Sternberg, 2006). No entanto, para que a criatividade seja realmente desenvolvida sobretudo em profissionais que trabalham com desenvolvimento, estes precisam obter o conhecimento das evidências científicas a respeito da criatividade (Baas et al., 2015).

Apesar disso, a criatividade não tem sido abordada suficientemente nos cursos de engenharia (Dym et al., 2005; Ribeiro, 2009). Em pesquisa realizada com professores de engenharia, Gomes et al. (2014) concluíram que a universidade pouco estimula a criatividade e o empreendedorismo nos alunos, temas que são transmitidos apenas em atividades extracurriculares, não abrangendo todos os estudantes. Peruzzi et al. (2012) defendem a necessidade de uma mudança na forma de ensinar engenharia, sugerindo que as aulas devem ser fonte de desafios para os estudantes, oportunidade a criatividade pode ser desenvolvida. Os autores argumentam que os cursos devem se adequar à nova geração de alunos e às necessidades da sociedade.

Em estudo realizado por Carretta et al. (2018) com graduandos de Engenharia de Controle e Automação, da Universidade Estadual de Campinas, foi verificado que os estudantes de engenharia apresentam certa dificuldade na geração de soluções criativas para a solução de problemas. Neste estudo foram consideradas opiniões dos professores que, ao ensinarem por mais de vinte anos a metodologia proposta, notaram um padrão de comportamento por parte dos graduandos de engenharia os quais, por terem o pensamento lógico bastante desenvolvido, apresentam dificuldade em proporem soluções criativas e inovadoras para os problemas de projeto. Esta dificuldade foi confirmada ao observar a realização dos exercícios pelos alunos, que apresentaram uma preocupação demasiada com questões de viabilidade das ideias, mesmo em etapas em que a qualidade dessas ideias não deveria ser levada em consideração. Um estudo realizado por Nascimento (2015), também com graduandos de engenharia, revelou que os estudantes procuram resolver os problemas da maneiras excessivamente óbvias, e que isso implica realizar apenas melhorias para os produtos existentes em vez de criarem novos conceitos.

É possível, no entanto, mitigar este problema. Para Altshuller (1999), o processo de solução de problemas depende, em sua maioria, de treino. A maior dificuldade na geração de ideias é liberar a mente para se chegar a conceitos originais. Para que isso aconteça, torna-se necessária a superação dos bloqueios à criatividade, que surgem em consequência dos pensamentos convencionais (Baxter, 2011).

Segundo Baas et al. (2015), existem fortes crenças acerca da criatividade por parte de quem desconhece sua concepção. Estas crenças muitas vezes são incompletas e sequer estão de acordo com suas próprias experiências e evidências empíricas atuais. Como estas crenças influenciam as escolhas que estas pessoas fazem sobre como modificar as situações na tentativa de estimular a criatividade, torna-se necessária uma melhor compreensão das evidências científicas a respeito da criatividade, sobretudo para profissionais que precisarão selecionar e moldar processos e circunstâncias para promover uma criatividade mais frutífera e baseada em evidências.

Sendo assim, motivar os alunos a desenvolverem suas habilidades criativas é uma necessidade fundamental nos cursos de engenharia. É imprescindível fazer com que os estudantes se tornem mais conscientes de seu próprio processo criativo (Daly; Mosyjowski; Seifert, 2014; Dym et al., 2005).

2.5 A criatividade no desenvolvimento de produtos

O desenvolvimento de produtos é uma questão cada vez mais crucial para a competitividade das empresas. Os consumidores estão cada vez mais exigentes, mais informados e têm maior variedade de escolha, o que resulta em maior demanda de produtos e serviços para atender cada segmento do mercado, incorporar novas tecnologias, se integrar a outros produtos e se adequar a novos padrões e legislações (Rozenfeld et al., 2006). Empresas competitivas estão sempre lançando novos produtos

para atender as mudanças nas necessidades dos clientes. Além disso, a competitividade baseada apenas na redução de preços está cada vez mais difícil. Por este motivo, criatividade torna-se importante para o desenvolvimento de produtos para favorecer os fabricantes ao promoverem a diferenciação de seus produtos em relação aos concorrente (Baxter, 2011). O pensamento criativo pode favorecer os fabricantes a obterem sucesso ao solucionar problemas incomuns que requerem soluções diferenciadas das utilizadas no passado (King; Schlicksupp, 1999). Segundo Baxter (2011), para oferecer diferenças que os consumidores sejam capazes de perceber, o autor recomenda que a criatividade esteja presente em todas as etapas do processo de desenvolvimento de produtos.

Com a finalidade de identificar os aspectos da criatividade no processo de projeto que realmente irão impactar no resultado final do produto, Yuan e Lee (2014) correlacionaram diversos fatores críticos do projeto com os resultados finais obtidos pelos projetistas. Os autores realizaram tal pesquisa após verificar que o método atual para avaliação de criatividade decorrente do processo de projeto é insuficiente, já que a maioria das avaliações de criatividade no *design* é baseada apenas no resultado do projeto em vez de seu processo como um todo. Após analisar a correlação, os autores identificaram seis aspectos intimamente relacionados com a criatividade no desenvolvimento de produtos. Entre eles estão o foco no problema, o tempo gasto no processo de projeto, transição nas etapas de projeto, experiência do usuário, a coleta de informações, e quantidade de soluções.

O tempo gasto em algumas etapas do projeto pode interferir no resultado da criatividade final do produto. Yuan e Lee (2014) descobriram que o tempo gasto na coleta de informações e na geração de conceitos para solucionar o problema tem mais correlação positiva com a criatividade do projeto do que o tempo despendido em outras etapas do processo. Os autores também verificaram que a maneira como os projetistas transitam entre as etapas do projeto pode interferir na criatividade do produto final. Quanto mais completa a circulação pelas etapas de uma determinada metodologia, maior são as chances de se produzir resultados criativos. Outro fator correlacionado à criatividade foi a experiência do usuário. A justificativa é que a experiência do usuário pode iluminar a criatividade da equipe além do próprio produto projetado.

Outro fator que interfere positivamente na criatividade do produto é a quantidade de informações exigida pelo grupo. Os dados do estudo realizado mostraram que quanto maior o número de informações exigida pelos projetistas, e quanto maior a variedade destas informações coletadas, maior foi a criatividade alcançada no produto resultante (Yuan; Lee, 2014).

No estudo de Yuan e Lee (2014) a quantidade de soluções geradas foi um fator que pouco se correlacionou com a criatividade do projeto. Os autores concluíram que projetistas que trabalham com um número limitado de soluções, desde que orientadas para a criatividade, podem obter melhores resultados do que apenas gerar o maior

número possível de soluções. Mas, como esta afirmação contradiz os conceitos de alguns importantes autores sobre criatividade, como Osborn (1975) e De Bono (1986), o entendimento de que a quantidade de ideias não necessariamente possa resultar em soluções criativas poderá ser melhor explorado na análise dos resultados deste trabalho.

Alguns estudos acerca da criatividade no desenvolvimento de produtos tratam de identificar e renunciar o fenômeno que chamam de “fixação de *design*”, termo usado para definir um conjunto pequeno de ideias prematuras de solução de um problema, que faz com que os projetistas se tornem “fixos” ou “cegos” ao desenvolver ideias (Agogué et al., 2014; Atilola; Tomko; Linsey, 2016; Crilly, 2015). A aderência a estas ideias não só não são úteis para a solução do problema, como são improdutivas, sendo consideradas como um bloqueio no processo criativo (Jansson; Smith, 1991). O reconhecimento da fixação por parte dos projetistas é o primeiro passo para se proteger contra ela, podendo, assim, ter ideias mais criativas (Crilly, 2015). Com a identificação da fixação durante o processo criativo é possível resistir à inibição e ao raciocínio restritivo. A inibição é uma pressão social que, juntamente com a conformidade, limita a criatividade. Portanto, ao reconhecer e afastar os pensamentos inibitórios é possível buscar privilegiar outras formas de raciocínio, sempre buscando alternativas fora do eixo de fixação (Agogué et al., 2014).

A premissa de que é necessário buscar novos caminhos, pesquisar em áreas ainda não consideradas no contexto do problema, pensar de maneira diferente da usual e abandonar caminhos já iniciados é bastante defendida para se promover a criatividade na solução de problemas (Bowden et al., 2005; Grohman et al., 2017; Li et al., 2007; Pahl et al., 2007; Sprugnoli et al., 2017; Yuan; Lee, 2014). Este argumento é fortalecido pelo princípio do “pensamento lateral”, termo proposto por De Bono (1986), que busca soluções por caminhos diferentes dos usuais, em áreas que não estão relacionadas à área com o problema ou, simplesmente, analisando o problema sob alguma diferente perspectiva. Inclusive, até mesmo antes de De Bono introduzir o Pensamento Lateral, Guilford (1967) denominava “Pensamento Divergente” a capacidade de solução de problemas por meio de um elevado número de ideias, geradas, por sua vez, mediante pesquisa em diversas áreas do conhecimento, sobretudo áreas que ainda não haviam sido encaradas no âmbito do problema. Pois, maneiras de pensar anteriormente testadas e aprovadas, mesmo que fundamentadas em resultados positivos no passado, sempre produzirão resultados desejados em um mundo dinâmico, em um mercado que está sempre ansiando por mudanças (King; Schlicksupp, 1999).

É importante levantar que as boas ideias de *design* não são necessariamente provenientes de fontes de inspiração de domínios extremamente distantes da esfera do problema. Um estudo que correlaciona a criatividade de *insights* com a distância dos conceitos das fontes de inspiração revelou que a inspiração em conceitos de domínios próximos promoveram maior criatividade das ideias (Chan; Dow; Schunn, 2015).

A fim de apresentar os fundamentos do Pensamento Lateral, De Bono (1986) explica ligeiramente os mecanismos utilizados pela mente para a solução de problemas. O autor esclarece que a mente cria modelos fixos de conceitos, que são um processo de otimização da mente para que, quando se deparar com um problema, a mente possa utilizar estes modelos ao buscar uma solução ótima da forma mais rápida possível. Porém, a utilização destes modelos limita as possibilidades de uso de uma nova informação disponível. O pensamento tradicional permite refinar estes modelos e comprovar sua validade, mas, para conseguir um uso ótimo de novas informações, é necessário criar novos modelos, escapando da influência monopolizadora dos modelos já existentes (De Bono, 1986).

De Bono (1986) comenta que a mente manipula a informação de forma eficaz e que este processo possui vantagens inerentes a seu método de funcionamento. Entretanto, esta manipulação apresenta algumas limitações, principalmente a dificuldade de reestruturar seus modelos de ideias em resposta a nova informação. Essas limitações exigem a aplicação do pensamento lateral para sua superação.

Para De Bono (1986) a maneira mais eficaz de transformar esses modelos e, com isso, ter novas ideias, não é externo (como a contraposição com novas ideias), é interno. O autor argumenta que obtenção de novas ideias se dá por meio da reestruturação da informação disponível sob a luz da perspicácia. Perspicácia é, por sua vez, a visão interna, profunda e clara de um tema ou parte de um tema. O pensamento lateral é uma ferramenta para uso consciente e deliberado da perspicácia.

Assim como defendido por Gomes (2014), Peruzzi (2012) e Osborn (1975), De Bono (1986) também comenta que a criatividade não é suficientemente trabalhada nas escolas e universidades, que buscam estimular e desenvolver apenas o pensamento lógico nos alunos. O autor refere-se a pensamento lógico como “pensamento tradicional”, “pensamento linear” ou, ainda, “pensamento vertical”, fazendo uso do termo para compará-los ao pensamento lateral.

Quando ideias consideradas erradas ou inadequadas são descartadas logo no início, seja por razões de lógica ou matemática, estamos trabalhando com o pensamento vertical. O pensamento vertical é seletivo e por meio dele só se busca o que está relacionado ao problema. Já no pensamento lateral as ideias tidas inicialmente como inadequadas são vistas como ponto de partida para encontrar soluções. Em vez de seletivo, o pensamento lateral é criativo. O pensamento lateral busca soluções em áreas que não fazem parte da esfera do problema. Porém, torna-se importante ressaltar que o pensamento lateral não é antagônico ao pensamento vertical. O pensamento lateral e o pensamento vertical se complementam (De Bono, 1986). Um comparativo entre a busca de soluções por meio do pensamento vertical e do pensamento lateral pode ser verificado na Figura 2.

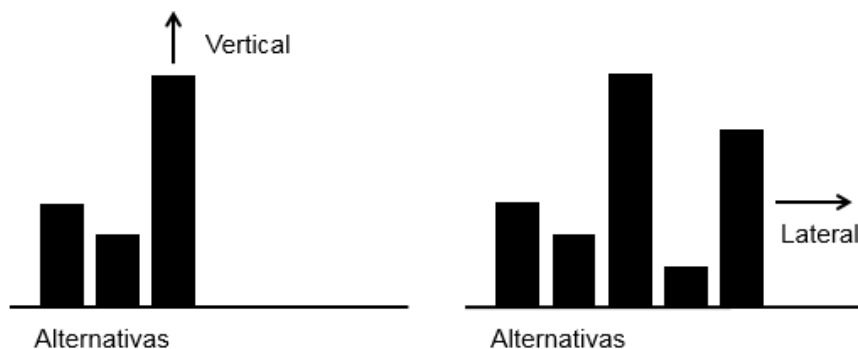


Figura 2 – Comparativo entre o pensamento vertical e o pensamento lateral.

Fonte: De Bono (1986).

Ainda comparando os dois pensamentos, De Bono (1986) esclarece que, enquanto o pensamento vertical funciona apenas se existir uma direção claramente definida para seguir, o pensamento vertical se move para criar uma direção. O pensamento lateral não só cria uma única direção, mas aspira a mudança e o movimento como meios para uma reestruturação dos modelos de conceitos.

O autor do pensamento lateral exemplifica sua aplicação recorrendo à enigmas que exigem diferentes linhas de investigação, por exemplo, “um limpador de janelas faz a limpeza das janelas no 25º andar de um arranha-céu. Ele escorrega e cai. Ele não está usando um cinto de segurança e nada diminui sua queda, no entanto, ele não sofre lesões. Por quê? – Resposta: O limpador estava realizando a limpeza das janelas pelo lado de dentro do edifício”. Situações como esta, em que o resultado é completamente diferente do esperado, exemplificam a reestruturação de uma linha de investigação. A informação memorizada em modelos rígidos pode se decompor em partes a fim de reestruturarem de maneira mais eficaz. Apesar de que, neste momento, foi percorrido apenas sobre os conceitos do método e os mecanismos da mente, o método do pensamento lateral será novamente abordado no capítulo sobre métodos de criatividade.

A dificuldade do estabelecimento de uma definição padrão para a criatividade pode ser ocasionada justamente pela existência de mais de uma perspectiva da qual se pode abordar o assunto. A maioria dos autores citados como referência neste trabalho são da área de metodologia de projeto com abordagem voltada à engenharia ou ao desenho industrial. Portanto, a categoria de criatividade a que compreende o escopo deste trabalho é o da criatividade eminente ou ainda, mais especificamente, o nível *Pro-C* proposto por Kaufman e Beghetto (2009), que define nesta categoria a criatividade reconhecida socialmente e quando o criador normalmente trabalha com ela diariamente, a nível profissional, com problemas, projetos e ideias.

Quando se fala de pessoas com raciocínio lógico bem desenvolvido, inclui-se nesta categoria principalmente os alunos das engenharias e outras áreas de ciências exatas, que possuem em sua grade disciplinas que valorizam e promovem este estilo de pensamento, não tendo a criatividade adequadamente trabalhada nem mesmo nas

universidades (De Bono, 1986; Gomes, 2014; Osborn, 1975; Peruzzi et al., 2012). O artifício utilizado para auxiliar os estudantes de engenharia a desenvolverem suas habilidades criativas tem sido o ensino de teoria sobre os processos criativos e dos métodos de criatividade, juntamente com sua aplicação prática em sala de aula. O ensino da teoria irá favorecer os estudantes a tomarem melhores decisões no decorrer do projeto, graças à sua compreensão das evidências científicas acerca da criatividade e o devido reconhecimento de sua importância. Com o auxílio do ensino e treinamento das ferramentas de criatividade os estudantes serão capazes de selecioná-las e utilizá-las adequadamente durante o projeto. Ao ensinar os alunos a explorarem todo o potencial de cada método, promove-se o desenvolvimento de suas habilidades criativas, tornando-os capazes de desenvolver produtos inovadores e, conseqüentemente, contribuindo com seu desenvolvimento profissional.

3 Metodologia de projeto

O ato de inventar é a mais antiga das habilidades humanas. Pode-se dizer que humanização de nossos antecessores começou com a criação das primeiras ferramentas. Porém, à medida que os problemas se tornaram mais complexos, o método para resolvê-los não foi devidamente aperfeiçoado. Muitos inventores ainda resolvem seus problemas de projeto simplesmente por tentativa e erro (Altshuller, 1999). Não é raro um projetista tentar solucionar um problema recorrendo unicamente à sua intuição, ou seja, quando após a busca e reflexão sobre o problema, a solução lhe surge repentinamente, como um lampejo, o chamado *insight*. É até possível que uma pessoa obtenha sucesso com esta ideia, apenas modificando-a e adaptando-a para chegar à solução definitiva. Entretanto, mesmo que alguns produtos bem-sucedidos tenham ocorrido desta forma, pode ser perigoso para uma empresa confiar somente na intuição de sua equipe de projeto. Os próprios projetistas não devem confiar simplesmente em sua inspiração ocasional. Por este motivo, existem diversos métodos para impulsionar a intuição e estimular a criação de novos caminhos para a busca de soluções para o problema de projeto (Pahl et al., 2005).

A engenharia de projetos é um elemento crítico no ensino de engenharia, sendo uma habilidade que os alunos precisam adquirir (Atman et al., 2007). Projetar é uma atividade intelectual e criativa, que requer uma base sólida de conhecimentos em diversas áreas (Pahl et al., 2005). O ato de projetar um produto não é proveniente apenas de competências lógicas, mas também de ideias, analogias, percepções, experimentações e, inclusive, da intuição (Sozo; Forcellini, 2001). Por este motivo, adota-se no ensino de engenharia a disciplina de metodologia de projeto, que aborda várias áreas do conhecimento com foco na solução de problemas por meio de uma sucessão de atividades, eventos ou fases.

A solução de um problema de *design* requer um planejamento e um projeto para o desenvolvimento da solução para o problema em questão. Um projeto de *design* pode se tratar de um produto ou serviço, a criação de algo totalmente novo ou apenas a melhoria de um produto ou serviço já existente (Back, 2008). O problema de *design* é definido por Löbach (2001) como uma necessidade ou carência sentida pelo ser humano e que pode ditar seu comportamento pretendendo a eliminação da situação não desejada. Segundo o autor, é a satisfação desta necessidade que é a principal motivação para a criação e o aperfeiçoamento de produtos ou serviços.

O processo de projeto pode ser definido como uma sucessão de várias técnicas e princípios científicos com o objetivo de definir um dispositivo, sistema ou processo detalhado suficientemente para permitir sua execução. A complexidade dos conteúdos de engenharia exige que os alunos sejam providos de uma diversidade de problemas bem estruturados, formulados para esclarecer os conceitos relacionados a um tópico específico (Norton, 2003). Segundo o autor, a fase de criação é a parte mais satisfatória,

entretanto, também, é a parte mais difícil para quem está projetando. Para Sozo e Forcellini (2001), por meio de exercício e treinamento é possível desenvolver certas habilidades para que o uso da imaginação se constitua em um processo natural no decorrer de projeto.

O processo de projeto abrange atividades que vão desde a definição de especificações do produto, a geração de ideias para satisfazer as funções de produto, até a documentação para que o produto seja fabricado, com desenhos e informações necessárias (Sozo; Forcellini, 2001). Com a finalidade de orientar os projetistas no desenvolvimento destas atividades, existe uma série de metodologias para auxiliá-los ao longo das atividades (Back, 2008). Apesar dos produtos desenvolvidos por engenheiros serem de âmbito técnico e baseados em engenharia mecânica, eletrônica e clássica, cada vez mais gerentes, profissionais e professores de projeto estão requisitando diferentes abordagens com o objetivo de promover a inovação, uma dessas abordagens é conhecida como *design thinking*² (Brown & Katz, 2011; Dym, Agogino, Eris, Frey, & Leifer, 2005; Norman & Verganti, 2012; Patnaik & Mortensen, 2009; Seidel & Fixon, 2013; Selig, 2012 *apud* Bourgeois-Bougrine et al., 2017).

A metodologia de projetos tem como objetivo direcionar os projetistas por meio da sistematização de várias etapas a serem cumpridas no decorrer do projeto (Dedini; Cavalca, 1993). Ao buscar uma solução, um projetista deve sustentar-se em métodos já utilizados, o que não significa que todo projeto deve seguir à risca uma das metodologias estabelecidas. Dependendo do projeto ou da experiência do projetista, algumas alterações no roteiro podem ser julgadas necessárias. O projetista deve comparar os métodos, adaptá-los e enriquecê-los de acordo com sua experiência (Munari, 1981). Esta liberdade nos processos é fundamental, pois, aumenta a motivação da equipe, incentivando-os a aproveitarem ao máximo suas habilidades e a buscarem a utilização mais adequada de cada etapa da metodologia. Os indivíduos que dependem de regras e rotinas rígidas tornam-se menos dispostos ou capazes de procurar novas ideias, comprometendo assim a criatividade (Amabile, 1988).

Apesar de Amabile (1988) defender a importância da liberdade nos processos para incentivar a criatividade nos projetistas, e que regras e rotinas rígidas pode comprometer a criatividade da equipe, um estudo realizado por Brattström; Löfsten e

² O *design thinking* é um termo que possui significados diferentes dependendo de seu contexto (Johansson-Skoldberg; Woodilla; Cetinkaya, 2013). No âmbito gerencial, *design thinking* é uma abordagem que consiste em um conjunto de ferramentas e estruturas para a solução de problemas centrada no ser humano, sendo considerado mais uma cultura do que uma metodologia (Brown, 2008 *apud* Gobble, 2014). Na abordagem acadêmica o termo apresenta uma diversidade de significados, identificados em três discursos diferentes: o primeiro é sobre as ações do designer, teorizando sobre essa prática; o segundo se trata da origem dos problemas e o uso de ferramentas para modelá-lo intuitivamente ou deliberadamente; e o terceiro enfoca a consciência e as habilidades específicas de um designer (Johansson-Skoldberg; Woodilla; Cetinkaya, 2013). Apesar de ser reconhecida a sua importância para as organizações na conceituação de soluções inovadoras, pelo fato de não se tratar de uma ferramenta ou método de criatividade o *design thinking* não contempla o escopo deste trabalho.

Richtnér (2012) revela que pode existir um equilíbrio ideal entre a sistematização e a liberdade nos processos de projeto.

Brattström; Löfsten e Richtnér (2012) revelam que ser sistemático nos processos de obtenção de informações e basear-se nas regras explícitas do desenvolvimento de produtos aumenta a confiança na equipe de projeto. O estudo também mostrou que a confiança, por sua vez, pode promover a criatividade. Porém, os autores descobriram que a confiança por si só não aumenta a criatividade, podendo, ainda, diminuí-la. Seu estudo teve a finalidade de encontrar um equilíbrio entre a sistematização e liberdade nos processos, para que se crie um ambiente favorável à criatividade. Uma das revelações do estudo foi a de que, ao relacionar a confiança e criatividade, a confiança na competência não apresenta relação com a criatividade, enquanto que a confiança na boa vontade inspira a criatividade.

A principal contribuição do estudo de Brattström; Löfsten e Richtnér (2012) foi de mostrar aos gerentes a importância da confiança no desenvolvimento de produtos. Os autores orientam os líderes de projeto a incentivarem os membros da equipe a exporem suas opiniões sobre os processos e o resultado do projeto e promovendo uma atmosfera de confiança de boa vontade, em que as pessoas estejam confiantes de que as ideias poderão ser discutidas abertamente. Pois, se a confiança é baixa, os projetistas não se sentem confortáveis em quebrar as normas de trabalho, introduzir novas ideias e desenvolverem novas soluções para o problema de projeto. Em estudo, Agogué et al. (2014) também concluem que a inibição restringe a criatividade e que, juntamente com a conformidade das ideias fixas iniciais, deve ser superada para que soluções criativas sejam exploradas.

Porém, por mais que a autonomia no processo de projeto seja vantajosa para o desempenho da equipe, é importante que a solução do problema seja realizada a partir da execução encadeada de determinadas etapas de projeto. Em estudo realizado por meio da correlação entre fatores de projeto e a criatividade obtida no produto final, foi verificado que quanto mais etapas são percorridas ao se executar um projeto, maiores são as chances de se produzir resultados criativos (Yuan; Lee, 2014).

O modelo de metodologia de projetos comumente utilizado no LabSIn (Laboratório de Sistemas Integrados, da Unicamp), foi sintetizado por Dedini (2018) e vem sendo empregado há mais de 20 anos no ensino em disciplinas de projeto na área de engenharia mecânica e engenharia de controle e automação, conforme apresentado no trabalho de Dedini e Cavalca (1993). O modelo tem sido utilizado por pesquisadores de diversas áreas e propõe etapas que auxiliam na criação e permitem uma revisão contínua das atividades do projeto, melhorando e garantindo a qualidade do desenvolvimento. A metodologia de projetos, que é adotada como referência neste trabalho, recomendada por Dedini (2018) possui três etapas principais, que são Planejamento, Projeto de Produto e Implementação (Dedini, 2002 *apud* Delgado Neto, 2009). Como este trabalho contempla apenas uma das fases do Projeto de Produto, é esta etapa prin-

principal que terá suas fases abordadas. A etapa denominada Projeto de Produto é subdividida por três fases distintas e encadeadas: Estudo de Viabilidade, Projeto Preliminar e Projeto Detalhado. A Figura 3 representa um diagrama com as três etapas principais da metodologia adotada. Nela também estão representadas as três etapas do Projeto de Produto e revela, ainda, documentação que deve ser gerada ao final de cada fase.

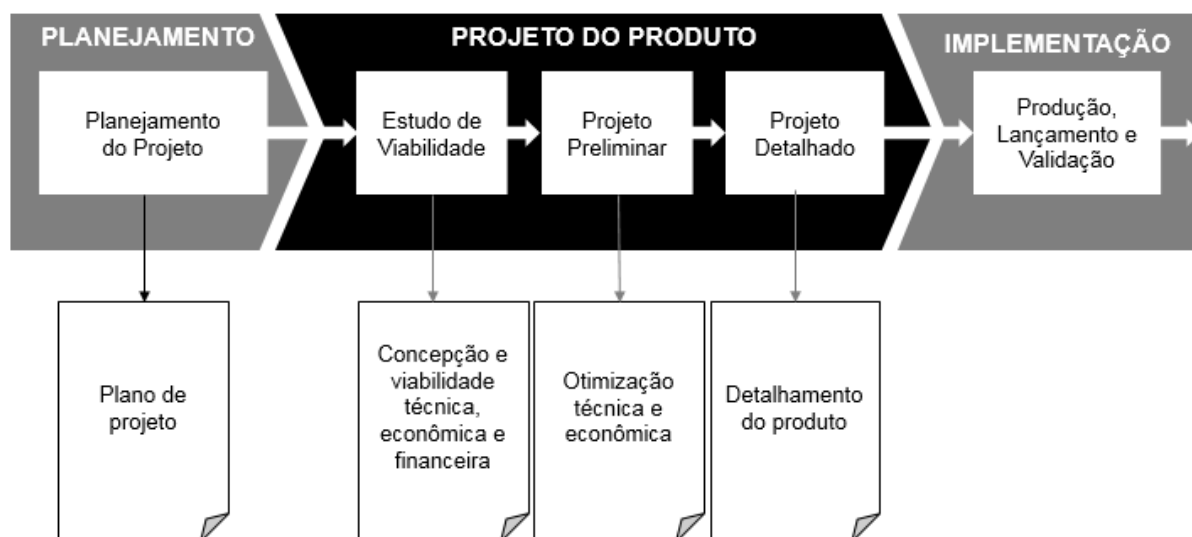


Figura 3 - Diagrama da metodologia de projeto adotada.

Fonte: Adaptado de Cordeiro (2016), Delgado Neto (2009).

Neste trabalho, quando se fala em metodologia de Projeto estão sendo feitas referências apenas à fase “Projeto de Produto”, não contemplando às fases de “Planejamento” e “Implementação”. As três fases do modelo de metodologia de projeto adotado são definidas por Dedini (2018):

Estudo de Viabilidade: esta fase tem início na identificação das necessidades do mercado e é focada na criatividade e expansão das concepções para atender as funções esperadas pelo cliente e satisfazer suas necessidades. Ao final desta fase são desejadas de três a seis soluções para o produto, já filtradas segundo sua viabilidade física, econômica e financeira.

Projeto Preliminar: após selecionar uma das alternativas, esta fase busca o dimensionamento e otimização das funções desta alternativa conforme as características de desempenho determinadas para o projeto.

Projeto Detalhado: esta fase é centrada no detalhamento, tolerâncias e adequação construtiva do produto ou sistema, com objetivo de satisfazer as necessidades técnicas e as condições de valor desejado.

As etapas da metodologia podem ser verificadas de forma mais detalhada em organogramas no Anexo A. Os organogramas apresentam subdivisões das etapas Estudo de Viabilidade, Projeto Preliminar e Projeto detalhado, segundo Dedini (2018).

Uma característica importante desta metodologia é que suas fases apresentam certa independência entre elas. Após a finalização das atividades de uma fase e aceitação de seu resultado, esta não será mais retomada. Este fator contribui para um gerenciamento eficiente de prazos e metas, assim como de parâmetros de projeto (Delgado Neto, 2009). O modelo também recomenda a documentação ao final de cada etapa do projeto por meio de relatórios com conceitos fundamentais. A documentação de todas as etapas do projeto tem como objetivo auxiliar o projetista no andamento do projeto, além de contribuir no desenvolvimento de projetos futuros (Dedini, 2018).

Uma das características da metodologia adotada como referência é seu foco na expansão de alternativas que possam solucionar o problema para que, só depois, estas alternativas sejam filtradas e otimizadas para dar continuidade ao processo de projeto. Portanto, alguns métodos para desenvolvimento da criatividade são frequentemente utilizados na etapa Estudo de Viabilidade, na fase de geração de ideias, com a finalidade de tornar a inovação controlável e assumir que a inspiração no processo de projeto não é casual (Carvalho; Back, 2000). Alguns destes métodos para aperfeiçoamento das habilidades criadoras da equipe de projeto serão abordados na próxima seção.

4 Métodos de criatividade

No processo de projeto, alguns métodos para desenvolvimento da criatividade são utilizados como ferramentas de auxílio à busca de soluções que atendam às funções do projeto (Rozenfeld et al., 2006). Não se pode esperar que as melhores soluções surtissem logo no começo de um projeto. Portanto, quanto maior o número de ideias geradas, melhor. A produtividade volumosa é uma premissa entre os chamados gênios inventivos que realizaram contribuições notáveis para a sociedade. Dado que, por mais que estas pessoas evidenciassem uma vida repleta de pensamentos originais, apenas algumas ideias sobrevivem e têm sua fama devidamente reconhecida (Barron, 1955). É por este motivo que é recomendado fazer uso de ferramentas que estimulem a equipe e projeto a adquirir o maior número possível de ideias para a solução de um problema.

A criatividade tratada como ferramenta desempenha um papel importante no desenvolvimento de novos produtos, devendo ser integrada ao processo de projeto. Os métodos são empregados universalmente para encorajar a criatividade e ajudar o projetista ou a equipe de projeto a gerar uma grande variedade de novas ideias. (Hsiao; Chou, 2004).

A criatividade trabalhada em equipe, ao invés de individualmente, é defendida inclusive por autores que não a abordam sob a perspectiva de projeto de engenharia. Cameron (1998), por exemplo, exalta a importância dos grupos criativos para que as pessoas se apoiem entre si, tentando promover a criatividade uma da outra, visando a colaboração em vez da competitividade, compartilhando experiências e desejando sempre expandir o potencial criativo dos indivíduos da equipe. Assim como Cameron, De Masi (2000) também sugere a formação de grupos criativos, defendendo que possam ser úteis para a satisfação das inúmeras necessidades de mercado. Estas técnicas para estímulo do pensamento criador viabilizam novas formas de compreensão do problema de projeto, direcionando a equipe para a busca de soluções inovadoras, além de entusiasmar os projetistas no processo de criação (Cordeiro, 2016).

A resolução de um problema de projeto envolve a tomada de muitas decisões e, muitas vezes, algumas delas são tomadas com base em informações ambíguas ou incompletas. Estas questões requerem a análise e ponderação de diversas possibilidades, sendo que algumas podem incluir a redefinição de metas e o abandono de caminhos já iniciados em consequência de uma nova ideia ou abordagem. Portanto, não é surpreendente o fato de que a resolução de problemas em áreas já bem estabelecidas não propicia a criatividade (Grohman et al., 2017).

Com o objetivo de explorar a busca por soluções em áreas do conhecimento que ainda não haviam sido consideradas juntas, Baxter (2011) apresenta o conceito do pen-

samento bissociativo para propiciar a criatividade. Segundo o autor, este tipo de pensamento consiste na aproximação de ideias que antes não estavam relacionadas entre si. O autor defende, também, que a criatividade pode ser inspirada pelo rearranjo, melhoria ou desenvolvimento de ideias já relacionadas com o problema. Muitas das técnicas para a geração de ideias são fundamentadas nestas três categorias: a redução, a expansão ou a digressão do problema, representadas na Figura 4.

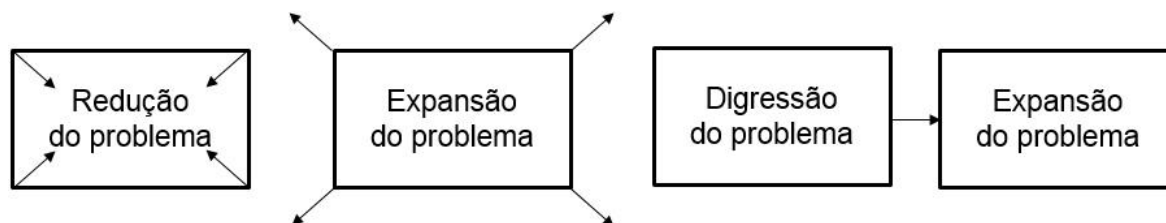


Figura 4 - Principais tipos de técnicas para geração de ideias.

Fonte: Baxter (2011).

Estas categorias de técnicas podem ser definidas da seguinte forma:

- **Redução do problema:** estas técnicas examinam os componentes, funções e características do problema, a fim de resolvê-lo por meio da modificação de uma ou mais destas características (Baxter, 2011). Alguns métodos de criatividade que fazem uso deste princípio são o Quadro Morfológico, a Inversão, Análise e Síntese Funcional, Análise de Valor³, entre outras. Segundo Baxter (2011), ponto negativo desta técnica é o fato dela ser reducionista, pois, ao focar em produtos existentes não observa além dele.
- **Expansão do problema:** estas técnicas exploram ideias além do domínio imediato do problema. Elas procuram aumentar as perspectivas e, por não se restringirem ao produto existente, abrem um leque maior de possíveis soluções (Baxter, 2011). Os métodos de criatividade Brainstorming, 6.3.5 e Galeria, exemplificam este princípio de expansão do problema para a busca soluções.
- **Digressão do problema:** estas técnicas buscam fugir do domínio imediato do problema fazendo uso do pensamento lateral. Algumas técnicas sugerem que se inicie com o problema original e estimulam incursões laterais, afastando-se propositadamente do problema e, outras, já partem para algo diferente e vão se aproximando do problema, com o objetivo de fugir das soluções convencionais (Baxter, 2011). Entre os métodos de

³ A Análise de Valor é tratada como método de criatividade segundo Baxter (2011) e Rozenfeld et al. (2006).

criatividade fundamentados na digressão do problema estão o *Synectics*, o 6 Chapéus e a Analogia Sistemática.

Rozenfeld et al. (2006) apresenta os métodos para desenvolvimento da criatividade apenas em uma fase de seu modelo de metodologia de projeto: o projeto conceitual, etapa em que equipe de projeto realiza as atividades referentes à busca, criação, representação e seleção de soluções para o problema. Pahl et al. (2007) sugerem que algumas ferramentas de busca de soluções podem ser úteis nas etapas de planejamento do produto e na etapa conceitual, tanto para a busca de princípios de solução quanto para encontrar soluções para funções auxiliares. Baxter (2011), defende a importância da presença da criatividade em todo o processo de projeto.

A criatividade é um elemento fundamental para a criação e produtos inovadores. O ato de inovar significa ter uma nova ideia ou, em alguns casos, aplicar uma ideia antiga de uma nova forma (Terra, 2007). Para o desenvolvimento de produtos inéditos, inovadores ou, até mesmo a melhoria de produtos existentes, é recomendando que os projetistas tenham conhecimento destes métodos, conhecendo as deficiências e potencialidades de cada um deles. Com isso, tornam-se capazes de selecionar quais são os métodos adequados para serem aplicados para solucionar cada tipo de problema (Baxter, 2011; Sozo; Forcellini, 2001).

A utilização de métodos de criatividade é necessária para fomentar o pensamento criativo e promover ideias inovadoras na equipe. King e Schlicksupp (1999) citam uma série de vantagens na utilização de ferramentas de estímulo à criatividade:

- Proporcionar um ambiente em que a criatividade possa se revelar;
- Criar um vocabulário comum para que a equipe produza ideias novas e criativas;
- Permitir novas formas de compreensão do problema e todas as suas particularidades, facilitando o encontro de soluções inovadoras;
- Integrar ideias e talentos de todos os integrantes da equipe;
- Promover entusiasmo e energia em processos de solução de problemas difíceis.

Li et al. (2007) argumentam que ferramentas estruturadas e racionais podem auxiliar a equipe de projeto nas etapas iniciais do desenvolvimento de um produto. Porém, uma abordagem excessivamente disciplinada e restrita pode contribuir negativamente com o desempenho da equipe. Portanto é fundamental a compreensão dos métodos de criatividade por parte dos integrantes da equipe para que possam utilizar estas ferramentas de forma adequada e criteriosa do processo de projeto, a fim de maximizar os benefícios de sua utilização.

Segundo Rozenfeld et al. (2006), mais de uma centena de métodos de criatividade são apresentados na literatura, no entanto, ao analisar seus princípios básicos, é possível selecionar e chegar a um número relativamente pequeno de métodos. Na literatura de metodologia de projetos é possível encontrar estas ferramentas classifica-

das de acordo com seu nível de sistematização, normalmente apresentados como métodos intuitivos (criativos) e métodos discursivos (analítico-sistemáticos). Além destas duas classificações, Sozo e Forcellini (2001) ainda apresentam mais duas classificações de métodos, os heurísticos e os orientados. Carvalho e Back (2000) defendem que esta categorização dos métodos de criatividade, diferente da encontrada comumente na literatura, reflete as linhas mais recentes do desenvolvimento dos métodos de criatividade para a solução de problemas.

Considerando que os métodos são usualmente divididos entre intuitivos, analítico-sistemáticos (ou discursivos), orientados e heurísticos (Carvalho; Back, 2000; Sozo; Forcellini, 2001), a Tabela 1 apresenta os mais citados pelos autores de metodologia que possuem sua abordagem voltada para a engenharia. Além da tabela em questão apresentar os métodos separados por categorias, ela ainda revela quais são os métodos de criatividade mais citados por autores de metodologia de projeto. A frequência de citação dos métodos embasa a seleção de ferramentas de criatividade que são comumente trabalhadas em sala de aula no ensino de metodologia de projeto nos cursos de engenharia.

Tabela 1 - Métodos de criatividade citados por autores de metodologia⁴.

		Carvalho e Back (2000)	Sozo e Forcellini (2001)	Pahl et al. (2005)	Rozenfeld (2006)	Baxter (2011)	Dedini (2018)	SOMA
Métodos Intuitivos	<i>Synectics</i>	x	x	x	x	x	x	6
	Brainstorming	x	x	x	x		x	5
	6.3.5	x	x	x	x		x	5
	Pensamento Lateral	x	x		x			3
	Galeria		x	x	x			3
	Delphi			x			x	2
	Innotech						x	1
	6 Chapéus						x	1
	Clichês e Provérbios					x		1
Métodos Sistemáticos	Quadro Morfológico	x	x	x	x	x	x	6
	Inversão	x	x		x	x	x	5
	Análise e Síntese funcional	x	x		x	x		4
	Analogia Sistemática	x	x		x	x		4
	Análise do Valor		x		x			2
	Mapa Mental						x	1
	Mapa Conceitual						x	1
	Catálogos			x				1
	Permutação					x		1
Métodos Orientados	TRIZ	x	x		x		x	4
	SIT		x				x	2
Métodos Heurísticos	Algoritmos	x	x					2
	Programas	x	x					2

Os métodos para estimulação do pensamento criativo e busca de princípios de soluções que são mais citados pelos autores de metodologia que possuem abordagem de engenharia e que, por este motivo, são ensinados na disciplina de projeto, são os listados na Tabela 2.

⁴ Figuras e tabelas não explicitamente referenciadas são de autoria da própria autora.

Tabela 2 - Ferramentas de criatividade.

Métodos Intuitivos	Métodos Sistemáticos	Métodos Orientados
<i>Synectics</i>	Quadro Morfológico	TRIZ
Brainstorming	Inversão	SIT
Método 6.3.5.	Analogia Sistemática	
Pensamento Lateral	Análise e Síntese funcional	
Galeria		
Método Delphi		

Fonte: Adaptada de Dedini (2018) e Sozo e Forcellini (2001), tabela elaborada pela autora a partir das ferramentas apresentadas na Tabela 1.

Como é mostrado na Tabela 2, os métodos heurísticos não contemplam a lista de métodos trabalhados em sala de aula. Os métodos heurísticos são métodos de criatividade fundamentados em regras (Sozo; Forcellini, 2001). A heurística é definida como uma regra que pode auxiliar a solucionar certos tipos de problemas, porém, não garante que se encontre uma solução (Perkins, 1981). Segundo esta definição, todos os métodos de criatividade podem ser considerados heurísticos mas, apesar disso, Carvalho e Back (2000) e Sozo e Forcellini (2001) consideram apenas os algoritmos e programas computacionais, sendo indicados para a solução de problemas simples e complexos. Considerando que ambos os métodos têm como característica a implementação computacional, eles não têm sido habitualmente abordados de forma prática no ensino de metodologia de projeto. Por este motivo, e por não contemplarem a lista dos métodos mais citados pelos autores de metodologia, os métodos de algoritmos e programas estão fora do escopo deste trabalho.

Os demais métodos que constam na tabela 2, tanto os intuitivos como os sistemáticos e os orientados, são apresentados na disciplina de projeto, fazendo, portanto, parte do escopo deste trabalho. Mesmo que nem todos eles sejam trabalhados de maneira prática em sala de aula, neste trabalho todos eles são apresentados por serem contemplados pelo conteúdo teórico da disciplina de projeto. Estes métodos são discorridos em sequência na apresentação das categorias, e em ordem de frequência de citação conforme mostrado na Tabela 1.

4.1 Métodos intuitivos

Os métodos intuitivos são fundamentados em estudos psicológicos da criatividade, mas, também, busca a geração de soluções por meio de tentativa e erro (Rozenfeld et al., 2006). Estes métodos tem o objetivo de auxiliar e incentivar os estilos de pensamento que tendem a gerar soluções criativas (Carvalho; Back, 2000). Os métodos intuitivos tiram proveito de resultados de dinâmica de grupo, como estímulos ocasionados por associações que se originam nas manifestações descontraídas dos co-

legas de equipe. Originalmente sugeridos para solução de problemas não técnicos, estes métodos podem ser aplicados em qualquer área. Inclusive, justamente pelo fato de originarem ideias novas não convencionais, estes métodos são amplamente utilizados no desenvolvimento de projetos (Pahl et al., 2005).

Rozenfeld (2006) sugere que estes métodos são indicados para a busca de soluções para problemas simples, mas também indica sua utilização para a busca de soluções em algumas etapas de problemas complexos. Por este motivo, segundo Sozo e Forcellini (2001), os métodos intuitivos são mais bem aproveitados se utilizados nas fases iniciais do projeto, como na fase informacional. Na metodologia de projeto adotada, esta fase inicial é contemplada no Estudo de Viabilidade.

Os métodos intuitivos que são ensinados na disciplina de projeto e que, por isso, abrangem o escopo deste trabalho e serão percorridos a seguir são: o *Synectics*, o *Brainstorming*, o 6.3.5, o Pensamento Lateral, o Galeria e o Delphi.

4.1.1 *Synectics*

O método da Sinergia, ou *Synectics*, é um método de geração de ideias para ser aplicado em grupo de pessoas de diversas formações, treinamentos e experiências profissionais (Dedini, 2018). O método foi desenvolvido por Gordon (1961) e aprimorado por Prince (1972), que recorreu à extensas investigações sobre a forma de trabalho e pensamento criativo de diversos pesquisadores e inventores. O nome *Synectics* representa o fato de ter sido desenvolvido para utilizar de forma combinada diferentes elementos da criatividade, como incubação, pensamento divergente, analogias e tentativa e erro (Carvalho; Back, 2000). Este método fundamenta-se no uso consciente dos mecanismos psicológicos pré-conscientes presentes na atividade criativa do indivíduo (Gordon, 1961). Este método propõe a imparcialidade das ideias propostas, e a isenção de inibições e críticas, assim como no método *Brainstorming*, que será apresentado em sequência. Porém, segundo Pahl et al. (2007), o coordenador da equipe tem a tarefa adicional de direcionar o fluxo das ideias de acordo com as recomendações propostas para execução do método.

Carvalho e Back (2000) explicam que para a aplicação do método da sinergia a equipe de projetos necessita passar por dez etapas:

- Etapas 1 e 2: As duas primeiras etapas são quando os integrantes exploram e aprofundam sua compreensão sobre o problema, tornando-o familiar.
- Etapa 3: Nesta etapa o grupo deve propor soluções preliminares para a solução do problema, de forma espontânea para que se aprofunde ainda mais o conhecimento sobre o problema.
- Etapa 4: Esta etapa compreende a elaboração de alternativas para a solução do problema, sendo que uma destas alternativas deve ser selecionada para ser desenvolvida.

- Etapas 5, 6 e 7: Estas etapas compreendem a elaboração de analogias diretas, pessoais e simbólicas, respectivamente. Ao final de cada uma delas, as analogias devem ser selecionadas antes de seguir para a próxima etapa. A seleção das analogias deve levar em conta a ser consideradas interessantes pela equipe, ser ligeiramente associado ao problema e serem conhecidas pela equipe.
- Etapa 8: Esta etapa compreende a análise das analogias selecionadas, fazendo com que o pensamento oscile entre analogia e análise, ou seja, transformando o estranho em familiar e o familiar em estranho.
- Etapa 9: Esta etapa consiste na geração de relações dos conceitos das analogias com o problema.
- Etapa 10: Na última etapa é quando se define qual solução a adotar. Caso as soluções geradas não sejam satisfatórias, é necessário retornar à quarta etapa, desenvolvendo outra solução para o problema.

A elaboração das analogias, atividade que compõe algumas etapas do *Synectics*, também é abordada por alguns autores como sendo um método de criatividade à parte: a “Analogia Sistemática” (Baxter, 2011; Carvalho; Back, 2000; Rozenfeld et al., 2006; Sozo; Forcellini, 2001), que também será abordada neste trabalho, na descrição dos métodos de criatividade. Porém, além do método *Synectics* ser mais citado pelos autores de metodologia de projeto (Baxter, 2011; Carvalho; Back, 2000; Dedini, 2018; Pahl et al., 2007; Rozenfeld et al., 2006; Sozo; Forcellini, 2001), ele requer em suas etapas a concepção de analogias diretas, pessoais e simbólicas como elemento da criatividade, assim como a incubação, pensamento divergente e tentativa e erro. Portanto, o método *Synectics* pode ser considerado mais amplo do que o da Analogia Sistemática.

4.1.2 Brainstorming

O Brainstorming, como seu próprio nome sugere, é um método para gerar turbilhão de novas ideias. Proposta inicialmente por Alex Osborn, a ferramenta visa proporcionar condições para que um grupo de pessoas de diferentes áreas traga à tona, sem preconceitos, qualquer pensamento que lhes ocorram que possa desencadear novas ideias nos outros participantes (Pahl et al., 2007). Inclusive, a geração e manifestação de ideias desprovidas de lógica são extremamente importantes em uma sessão de Brainstorming, pois estas ideias podem originar outras ideias nos demais participantes, podendo ser soluções inéditas, inovadoras e aplicáveis para resolver um problema (Osborn, 1975; Souza; Corrêa, 1985).

Segundo afirmado por Osborn (1975) e Souza e Corrêa (1985), importância da geração e manifestação de ideias inviáveis ou, até mesmo, absurdas, se justifica na possibilidade destas ideias originarem soluções inéditas, inovadoras e aplicáveis para resolver um problema.

Uma das premissas desta ferramenta é que quantidade precede qualidade. Quanto maior o número de ideias geradas, melhor. Por este princípio é importante para uma sessão de Brainstorming que se estimule o maior número possível de soluções, sem considerar a viabilidade destas ideias em um primeiro momento. Segundo Pahl et al. (2007), o método funciona por meio do estímulo da memória e da livre associação, permitindo a combinação de ideias que antes nunca foram consideradas ou que nunca foram permitidas para utilização no contexto do problema. Guilford (1967) alega que o fundamento do Brainstorming é o pensamento divergente, termo introduzido pelo autor para qualificar a capacidade de solução de problemas mediante a geração de um elevado número de ideias, que devem ser concebidas por meio de pesquisa em várias áreas do conhecimento, principalmente as áreas que nunca foram consideradas no contexto do problema. O pensamento divergente contrapõe ao pensamento convergente que, por sua vez, constitui-se na solução de um problema por meio da procura por uma única solução, ou ideia, que seja adequada ao problema.

Este é um método relativamente simples de ser aplicado e bastante conhecido tanto no meio acadêmico quanto na indústria. Quando aplicado de maneira adequada, possibilita a obtenção de soluções valiosas. Por este motivo, Rozenfeld et al. (2006) sugere algumas diretrizes para que uma sessão de Brainstorming seja bem-sucedida:

1. O problema deve ser definido de maneira clara e concisa, não devendo ser demasiadamente complexo ou multifacetado. Todos os participantes devem ter compreendido e se familiarizado com o problema e, também, devem estar de acordo com a forma que ele foi elaborado. Neste momento não se deve propor um grande número de restrições;
2. Deve ser convidado participar de uma sessão um grupo de três a dez pessoas, preferencialmente de diferentes graus de experiência e níveis de especialidade. Um grupo demasiadamente pequeno não favorece interação suficiente entre as pessoas para que as ideias sejam instigadas de uma para outra. Um grupo exageradamente grande também não é adequado, pois algumas pessoas podem acabar não participando das discussões, ficando negativas ou apáticas. Dedini (2018), por exemplo, sugere que é preferível que os grupos de Brainstorming sejam formados por 6 a 8 integrantes. Segundo Rozenfeld et al. (2006), é importante que todos no grupo permaneçam motivados e ser encorajados a participar das discussões;
3. Uma sessão deve durar de 30 a 40 minutos, sendo que para grupos maiores talvez seja necessário mais tempo para que todos possam contribuir com as discussões;
4. Durante a sessão os participantes não devem expressar críticas ou reações negativas, já que o objetivo é gerar ideias e não as avaliar. É recomendado que se crie de forma extravagante para que surjam o maior número possível de ideias, sem se preocupar com a viabilidade ou com a

prioridade delas. Neste momento, qualquer comentário ou reação negativo irá bloquear o fluxo de ideias em todos os participantes, que passarão a ficar na defensiva, receando expressar suas ideias pelo medo de serem ridicularizados;

5. Um participante do grupo deve ser escolhido para realizar anotações das ideias surgidas durante a sessão. Após a sessão, as ideias serão estudadas e avaliadas conforme sua viabilidade.

Para realizar uma seção de Brainstorming é necessário que o mediador informe e motive o grupo para a solução do problema. Como a equipe é normalmente multidisciplinar, é recomendado que a definição do problema não seja demasiadamente específica. Durante a geração de ideias a crítica deve ser proibida, pois, o grupo deve ser encorajado a gerar o maior número de ideias possível. Em uma segunda etapa os integrantes são orientados a gerarem mais ideias, baseadas nas ideias sugeridas pelos outros. Com isso, é possível aumentar a quantidade de ideias obtidas. Na terceira etapa é feita uma avaliação das ideias geradas, classificando-as em absurdas, promissoras ou viáveis (Carvalho; Back, 2000).

A apreensão causada no indivíduo pela percepção da avaliação é um fator restritivo para sua vontade de comunicar ideias. Em uma reunião de geração de ideias, se uma pessoa percebe que alguma ideia sua possa ser criticada, a tendência é que esta pessoa rejeite a ideia antes mesmo de comunicar à equipe. Esta atitude de ignorar previamente qualquer ideia arriscada possivelmente irá ocorrer se a equipe for orientada a avaliar as soluções na mesma etapa em que são geradas. Sendo, portanto, necessário motivar os participantes a manifestarem suas ideias sem que receio das críticas (Svensson, 2015).

O Brainstorming é um método de fácil aprendizagem e rápida aplicação, em comparação a outros métodos, sendo adequado para fases iniciais do processo de projeto (Carvalho; Back, 2000). É importante ressaltar que a maioria das ideias resultantes de uma reunião de Brainstorming não será economicamente ou tecnicamente viável. Pois o objetivo deste método é desencadear novas ideias. Uma sessão já pode ser considerada bem-sucedida se a equipe conseguir apenas algumas indicações sobre qual direcionamento seguir para solucionar o problema de projeto. Por este motivo, o Brainstorming é um método que pode ser útil sobretudo nas fases iniciais do projeto, como no planejamento do produto e na fase conceitual. Ele pode ser utilizado tanto para encontrar os princípios da solução quanto para gerar ideias para solucionar funções secundárias (Pahl et al., 2007).

Portanto, podemos dizer que uma sessão de Brainstorming que tem como resultado um número elevado de ideias absurdas denota que a reunião foi realizada por meio do livre fluxo de pensamento, ou seja, sem supressão de ideias ou análise de exequibilidade na etapa de geração de ideias.

A aplicação isolada de métodos intuitivos, como o Brainstorming, por exemplo, nem sempre é suficiente para atingir os objetivos. Quando ocorre uma diminuição na

produção de ideias, o coordenador da reunião ou outra pessoa pode auxiliar estimular um novo turbilhão de ideias adicionando alguns conceitos do procedimento sinérgico, como derivação por analogias, busca do oposto ou da complementação das ideias, pois, a prática tem demonstrado que a combinação de métodos pode enriquecer e ampliar a variedade de ideias (Pahl et al., 2007).

4.1.3 Brainwriting ou 6.3.5.

Concebido por Rohrbach (1969) *apud* Carvalho e Back (2000) a partir do método Brainstorming, este método parte do princípio de que se, em sessões de Brainstorming, apenas algumas ideias iniciais são devidamente desenvolvidas, as soluções obtidas podem ser melhores.

A ferramenta é aplicada em um grupo de seis participantes que, após cuidadosa análise e familiarização com o problema, preenche formulários com soluções para um problema. O tempo para preenchimento é dividido em rodadas de cinco minutos nos quais cada participante deve propor três soluções novas ou já sugeridas para resolver o problema Carvalho e Back (2000).

O formulário especial para a realização do método deve possuir espaço para que se escreva o tema do problema, os nomes dos participantes e, as linhas e colunas, para preenchimento com soluções para o problema. Este formulário também pode conter espaço para preenchimento de informações sobre a equipe de projeto (como nome da equipe ou, em caso de empresa, departamento) e, ao lado de cada linha de soluções, espaço para preenchimento das iniciais dos participantes. Um exemplo de formulário para ser utilizado para a realização do método é representado na Figura 5.

Problema:	Data:	Nomes:	
	Equipe:		
1.1	1.2	1.3	Iniciais
2.1	2.2	2.3	
3.1	3.2	3.3	
4.1	4.2	4.3	
5.1	5.2	5.3	
6.1	6.2	6.3	

Figura 5 - Exemplo de formulário para realização do método 6.3.5.

Fonte: Adaptado de Dedini (2018).

A realização desse método pode ser feita da seguinte forma, segundo Carvalho e Back (2000):

1. A equipe deve realizar cuidadosa análise e familiarização com o problema;
2. Após os formulários serem distribuídos e preenchidos com informações referentes à equipe e ao projeto, um dos participantes deve iniciar a contagem de cinco minutos para início da rodada;
3. Durante os cinco minutos, cada um dos participantes deve escrever, na primeira linha do formulário, três sugestões iniciais que solucionariam o problema;
4. Passados os cinco minutos, todos os participantes devem passar seu formulário para o participante vizinho que, durante os próximos cinco minutos, deve escrever outras três novas sugestões para o problema, ou desenvolver as soluções escritas nas linhas anteriores do formulário;
5. Este movimento deve se repetir 5 vezes, ou seja, até que cada formulário tenha passado por todos os participantes;
6. Ao final do procedimento é realizada uma avaliação e seleção de quais ideias devem ser implantadas.

Este método apresenta algumas vantagens em relação ao Brainstorming. A principal vantagem em relação ao Brainstorming é que uma ideia potencial é complementada e continuada de forma mais sistemática. Por este motivo, ao final de uma sessão de 6.3.5, a equipe de projeto dispõe de soluções mais desenvolvidas em comparação com que poderia resultar de uma sessão de Brainstorming. Dedini (2018) sugere que o desenvolvimento de uma ideia pode ser obtido recorrendo a uma análise sistêmica das ideias anteriores, podendo o participante utilizar os seguintes recursos durante o preenchimento dos formulários:

- Aprofundar a ideia: tentando explorá-la em um nível diferente do original.
- Usar recorrência: utilizando o mesmo nível de abstração da ideia, redirecionando o foco e responder como fazer para se chegar à ideia inicial.
- Inverter: negar a ideia anterior e a ela propor uma alternativa antagônica.

O método 6.3.5 também não requer um coordenador da equipe (Pahl et al., 2007). Uma outra vantagem é o controle do tempo, que encoraja os participantes a se concentrarem mais no problema e, uma vez que ninguém precise falar durante a sessão, elimina o desafio oral. Outra vantagem é que a ferramenta promove contribuições individuais de todos os participantes, já que não permite que apenas uma pessoa domine a sessão (King; Schlicksupp, 1999).

Porém, como desvantagem, a execução individual proposta por esta ferramenta acarreta em isolamento nos participantes, assim como falta de motivação e, consequentemente, menor criatividade (Pahl et al., 2007).

4.1.4 Pensamento Lateral

O método proposto por De Bono (1986) tenta sair de um padrão de pensamento para outro, para isso, utiliza técnicas de degrau, fuga e estimulação aleatória. Estas técnicas operam por meio da provocação: uma ideia lançada com a finalidade de desencadear novas ideias.

O conceito do pensamento lateral é esclarecido por meio da comparação com o pensamento lógico, também chamado por De Bono (1986) de pensamento vertical ou, ainda, pensamento convergente por Guilford (1967). Enquanto o pensamento vertical se move em uma direção claramente definida na qual se avista uma solução, o pensamento lateral não se move em uma direção concreta, mas busca gerar uma direção. O pensamento lateral se caracteriza como um experimento que propicia mudança das próprias ideias, caminhando sem direção, divagando ao redor de experimentos, modelos, ideias etc. Para solucionar um problema por meio do pensamento lateral é necessário ignorar o óbvio e abordar o problema de diversos ângulos. Ignorar os pressupostos e tirá-los do problema em questão pode auxiliar o desenvolvimento do pensamento lateral. (De Bono, 1986).

O Pensamento Lateral não é usualmente abordado como uma ferramenta em que a equipe precise, necessariamente, cumprir etapa a etapa, e sim como uma proposta para, segundo De Bono (1986), a busca de ideias por meio de caminhos diferentes dos usuais, em domínios não relacionados ao contexto do problema ou, ainda, considerando o problema sob uma nova perspectiva. Ao definir as técnicas que irão estimular o surgimento dessas novas ideias, Carvalho e Back (2000) explicam como pode se suceder a aplicação das técnicas de grau, fuga e estimulação aleatória:

- A técnica **degrau** consiste em uma provocação para “subir” a outro nível de pensamento como, por exemplo, a frase “carros deveriam ter rodas quadradas” pode impulsionar o surgimento de outras ideias interessantes para melhorar a aderência da roda em atoleiros ou terrenos arenosos.
- A técnica da **fuga** tem como objetivo identificar o padrão de pensamento atual para, propositadamente, fugir dele. Por exemplo, no caso de cabines telefônicas, se há a premissa de que em cada cabine deve haver apenas um aparelho e que, ao fugir deste padrão, poderia surgir a ideia de dois telefones por cabine, a fuga deste padrão permitiria que duas pessoas telefonassem ao mesmo tempo ou, ainda, que um telefone pudesse ser utilizado enquanto o outro estiver fora de serviço.
- A **estimulação aleatória**, por sua vez, envolve a utilização de uma palavra ou um objeto, obtido aleatoriamente, que deve ser relacionado ao problema em questão. Por exemplo, se o problema é controlar o sentido do fluxo de pessoas por uma porta giratória de uma agência bancária, e a estimulação aleatória provê a partir de um dicionário a palavra cair, uma associação com o uso de um escorregador pode surgir (queda controlada) para permitir o fluxo de pessoas por apenas um sentido, para fora, no caso no fim do expediente.

Os principais benefícios do pensamento lateral são o fato dele auxiliar a equipe de projeto a vencer a inércia psicológica e possuir forte tendência a ideias inovadoras por conta das técnicas de provocações. Assim como o Brainstorming, este método sugere que ideias sejam lançadas com o objetivo de se obter novas ideias, sendo também indicado para aplicação em problemas simples (Sozo; Forcellini, 2001).

Alguns outros métodos de criatividade têm como objetivo estimular o Pensamento Lateral (Baxter, 2011). Considerando os métodos abordados neste trabalho, o Brainstorming, o Synectics, a Galeria e a Analogia Sistemática fazem uso de mecanismos que auxiliam a equipe de projeto a gerar um grande número de ideias evitando os meios do pensamento vertical. De acordo com esta constatação, o Pensamento Lateral não é empregado como sendo um método de criatividade, mas, sim, como embasamento teórico para o ensino de criatividade. Portanto, não é utilizado como ferramenta para aplicação prática em sala de aula.

4.1.5 Galeria

O método de galeria foi desenvolvido por Hellfritz e combina trabalho individual com trabalho em equipe e inclui princípios de solução em forma de esboços, sendo adequado para problemas de configuração. Este método se sucede a partir das seguintes etapas, resumidas por Pahl et al. (2007):

- **Etapla introdutória:** quando o coordenador da equipe deve apresentar o problema e esclarecer suas peculiaridades;
- **Etapla de formação de ideias I:** com duração de 15 minutos, nesta etapa cada um dos participantes deve efetuar uma busca intuitiva e não preconcebida da solução, com o auxílio de esboços e expressão verbal quando necessário.
- **Etapla associativa:** nesta etapa, também com duração de 15 minutos, são expostos os resultados da etapa anterior, de forma a remeter uma galeria de arte, para que todos os membros possam visualizá-las e discuti-las. O objetivo desta etapa é descobrir novas ideias ou identificar, por meio da negação ou da reformulação, soluções propostas complementares ou melhoradas.
- **Etapla de formação de ideias II:** a partir das ideias ou constatações obtidas na etapa anterior, cada uma delas deve ser retida e/ou lida levada para continuidade no desenvolvimento pelos membros da equipe.
- **Etapla de seleção:** nesta etapa todas as ideias são revistas, ordenadas e melhoradas se necessário. Então, os princípios de soluções promissores são selecionados e, por meio de análise, também podem ser identificadas algumas características da solução que possam ser posteriormente desenvolvidas por meio de métodos sistemáticos.

As contribuições deste método destacam-se pelo trabalho intuitivo em grupo, que não permite divagações; a troca de ideias por meio de esboços, principalmente em problemas de configuração; permite a identificação dos membros por suas contribuições e, por fim, o método resulta em uma documentação fácil de avaliar e classificar (Pahl et al., 2007).

4.1.6 Delphi

A técnica Delphi foi concebida na década de 1950, por Dalkey e Helmer, originalmente para prever o impacto da tecnologia na guerra, e consiste em um método para tomada de decisões para a inovação (Dedini, 2018). O método tem o objetivo de obter um consenso confiável de opinião de um grupo de especialistas, de quem se espera um conhecimento aprofundado sobre as relações. O método trata-se basicamente de submetê-los a uma série de questionamentos em profundidade intercalados com retornos de opinião controlados (Dalkey; Helmer, 1963).

Os questionamentos estruturam-se da seguinte forma, segundo Pahl et al. (2005):

- **1ª rodada:** os especialistas são perguntados sobre quais princípios de solução eles consideram para solucionar o problema em questão e, ainda, são solicitados a apresentarem sugestões de forma espontânea.
- **2ª rodada:** nesta rodada é apresentada aos especialistas uma lista contendo uma diversidade de princípios de solução para solucionar o problema. Esta lista trata-se de um resumo das principais conclusões por parte da equipe que lideram o trabalho. Nesta rodada os especialistas devem examinar esta lista e citar outras ideias que lhes venham à mente ou que a lista lhe tenha sugerido.
- **3ª rodada:** os especialistas recebem uma avaliação final das duas rodadas anteriores, devendo examinar esta avaliação e apontar por escrito quais sugestões eles consideram melhores, em relação à sua concretização.

As rodadas de resumo e revisão repetem-se até que se atinja um consenso entre os especialistas (Dedini, 2018). Este método precisa ser cuidadosamente planejado e só irá receber destaque na discussão em áreas técnicas e de projeto em processos de desenvolvimento que tenham prazos relativamente longos. Em geral, o método Delphi limita-se a problemas de caráter geral que envolva aspectos básicos do projeto e da política empresarial (Pahl et al., 2007). Por este motivo, e por se tratar de aplicação com especialistas, este método é apenas apresentado em sala de aula de graduação, não sendo tradicionalmente aplicado de maneira prática.

4.2 Métodos sistemáticos

Os métodos sistemáticos, os quais também são identificados como métodos analítico-sistemáticos, discursivos ou dedutivos, são estruturados em etapas. A sistematização aumenta a probabilidade de se chegar a soluções mais adequadas em relação aos métodos intuitivos. Os métodos discursivos procuram, em geral, decompor o problema em partes mais simples sendo, por este motivo, recomendados para a solução de problemas complexos (Rozenfeld et al., 2006). Carvalho e Back (2000) comentam que problemas de baixa complexidade são dificilmente abordados com a utilização de métodos analítico-sistemáticos. É importante destacar que estes métodos não eliminam a intuição. Apesar dela não ser empregada imediatamente na solução do problema global, deve ser aproveitada intensamente nas etapas e problemas específicos (Pahl et al., 2007).

Apesar da Tabela 2 expressar as ferramentas de criatividade habitualmente trabalhadas no ensino de metodologia de projeto, o método Análise e Síntese Funcional não é trabalhado na fase de geração de alternativas na metodologia adotada como referência. O método é trabalhado antes da fase de geração de alternativas, na fase de Análise Funcional. Portanto, pelo fato de que na fase de geração de alternativas e a

análise auncional do problema já deve ter sido realizada, o método em questão não será tratado neste trabalho.

Os métodos sistemáticos de criatividade que são abordados neste trabalho, sendo apresentados e trabalhados em sala de aula, são: o Quadro Morfológico, o método da Inversão e a Analogia Sistemática.

4.2.1 Quadro Morfológico

O quadro morfológico, ou matriz morfológica, estimula a geração de princípio de solução mediante a exploração sistemática de um grande número de soluções parciais. Este método permite que sejam feitas descobertas e invenções sistematicamente e simultaneamente, não apenas uma por vez (Zwicky, 1969). A abordagem morfológica nos dá a garantia máxima de que nenhuma circunstância será negligenciada, caso possa ser importante para a realização satisfatória de qualquer tarefa diante de nós (Zwicky, 1969).

Proposta originalmente por Zwicky (1969), a análise morfológica empresta o termo “morfologia” utilizado em diversos campos da ciência para estudar inter-relações estruturais como, por exemplo, biologia, anatomia, botânica e geologia. O autor buscou sistematizar e generalizar o estudo morfológico, tornando possível sua aplicação em diversas áreas, incluindo também o estudo de inter-relações estruturais mais abstratas entre fenômenos, ideias e conceitos.

O Quadro Morfológico nem sempre é tratado como uma ferramenta para geração de ideias. Pahl et al. (2007) o tratam como um método para sistematização da combinação de soluções. Pois, uma vez encontradas diversas soluções para as subfunções do problema subdividido anteriormente, elas precisam ser combinadas para que se chegue à solução do problema global, considerando a viabilidade técnica e econômica de cada princípio de solução. Mesmo que na etapa de geração de ideias algumas combinações já aparentem ser vantajosas, existem métodos para auxiliar os projetistas a chegarem a esta síntese de forma sistemática. O quadro Morfológico é o método de combinação sistemática citado pelos autores.

A utilização do quadro morfológico na metodologia de projeto pode acontecer cumprindo as seguintes etapas:

1. Após formular sucintamente o problema a ser resolvido, identificar e analisar todos os parâmetros que podem ser importantes para a solução do problema (Zwicky, 1969). Nesta etapa devem ser listadas as funções que o produto deve ter ou atender. As funções devem ser mutuamente exclusivas, o ideal é que não passe de dez funções e deve-se tomar cuidado para que sejam listadas funções e não componentes (Rozenfeld et al., 2006). As funções (e/ou parâmetros) irão compor a primeira coluna do quadro morfológico.

2. Construir o quadro morfológico com as funções compondo a primeira coluna da matriz. As colunas seguintes devem ser preenchidas com todos os potenciais princípios de solução para cada função. Segundo Rozenfeld (2006), é necessário buscar novas ideias, tanto quanto considerar soluções e componentes já conhecidos, podendo ser representados por meio de palavras ou, melhor ainda, esboços, tentando manter o mesmo nível de generalização para todas as soluções.
3. Analisar rigorosamente e avaliar cada solução parcial em relação aos objetivos que devem ser alcançados (Zwicky, 1969). As metodologias de Dedini (2018) e de Rozenfeld (2006) sugerem que as soluções parciais selecionadas devem ser combinadas e representadas por meio de desenhos. Ao final, a melhor combinação de princípios de solução é adotada como resultado.

Conforme a metodologia adotada neste trabalho, no momento da aplicação das ferramentas de criatividade, a definição do problema e das funções a serem listadas no início da execução do Quadro Morfológico já devem estar estabelecidos, o que facilita a aplicação deste método. No momento em que a equipe for utilizar o Quadro Morfológico, ela pode fazer uso das funções encontradas na análise funcional, que pode ter sido realizada mediante realização da Árvore de Funções e/ou do Diagrama Funcional. Neste caso, seria necessário apenas complementar a coluna de “funções/parâmetros” com os parâmetros que julgue pertinentes para o projeto, caso estes não tenham sido contemplados pela análise funcional.

A análise funcional é importante para evitar que a equipe de projeto alimente ideias fixas de soluções nos estágios iniciais de seu desenvolvimento. A elaboração de uma Árvore de Funções, por exemplo, pode influenciar positivamente a equipe de projeto a obter um maior número de soluções inéditas para cada função (Atilola; Tomko; Linsey, 2016).

O quadro morfológico é útil na metodologia de projetos por permitir a busca de soluções de forma independente, sem a preocupação com os demais parâmetros sendo, por este motivo, indicado para a solução de problemas complexos (Rozenfeld et al., 2006). Inclusive, o método não tem sua utilização restrita a problemas técnicos, podendo, até mesmo, ser utilizado para questões de sistemas gerenciais e outras áreas (Pahl et al., 2007).

Pahl et al. (2007) ainda adicionam algumas recomendações para a utilização do método, como:

- Combinar apenas o que for compatível;
- Ressaltar as combinações que sejam aparentemente promissoras e validar os motivos pelos quais devam ser escolhidas em relação às outras.
- Prosseguir com o desenvolvimento apenas das soluções que satisfaçam a lista de requisitos de projeto;

Esta última recomendação é corroborada pela metodologia adotada como referência para este trabalho, que sugere que a filtragem das soluções do Quadro Morfológico seja feita com foco em DFXs, ou seja, *Design for X*, ou “Projetar para X”. DFXs são abordagens de projeto que possuem determinados métodos e ferramentas de auxílio às decisões de projeto. Por exemplo, *Design for Assembly* ou Projetar para Montagem; *Design for Human Factors* ou Projetar para Ergonomia etc. Os conjuntos de conceitos provenientes de cada uma das DFX podem auxiliar os projetistas na seleção dos melhores princípios de solução parciais apresentados por meio do Quadro Morfológico (Dedini, 2018).

Vale ressaltar que a conferência de que as soluções atendam aos requisitos de projeto é um tópico pelo qual a equipe precise atentar independentemente do método utilizado para geração de soluções. Portanto, a recomendação de Pahl et al. (2007) de que se deve prosseguir apenas com as alternativas que satisfaçam os requisitos de projeto deve ser seguida, também, durante a aplicação de outros métodos de criatividade, caso existam etapas em que seja demandada a seleção das ideias.

4.2.2 Inversão

O método da Inversão busca estimular a geração de ideias a partir da observação de um problema de modo invertido, produzindo, em geral, ideias originais e aplicáveis. Normalmente a inversão trata-se do âmbito cinemático, sugerindo uma solução por meio da inversão dos movimentos (Dedini, 2018). Este método é apresentado por outros autores com o nome de MESCRAI, uma sigla para Modifique, Elimine, Substitua, Combine, Rearranje, Adapte e Inverta, ou como SCAMPER, seu nome em inglês, uma sigla para *Substitute, Combine, Adapt, Magnify, Put other use, Eliminate, Reverse*, pois se trata de uma lista para estimular a geração de soluções alternativas para transformar um produto existente (Baxter, 2011). Alguns autores, como Carvalho e Back (2000) e Rozenfeld et al. (2006), por exemplo, apresentam este método com o nome de *Checklists* ou Questionários, já que se trata de um método em que o problema central é variado segundo algumas questões propostas à equipe de projeto, sendo que estas questões tem o objetivo de estimular a geração de ideias. Os autores comentam que este método pode ser utilizado para a estimulação da criatividade de forma individual ou em grupo como, por exemplo durante uma sessão de *Brainstorming*.

Ao se modificar uma ideia, é provável que surjam apenas as ideias mais óbvias. Mas, ao utilizar esta técnica como uma lista de verificação para estimular as possíveis modificações, é possível que a equipe se lembre de mais alternativas possíveis para solucionar o problema. Por exemplo, quando se deseja diminuir o custo de um produto, é possível considerar reduzir seu tamanho, eliminar alguns acessórios ou substituir alguns componentes por outros mais baratos (Baxter, 2011). Apesar disso, o autor adverte que esta ferramenta dificilmente irá promover ideias de rearranjar os componentes para simplificar a montagem ou, ainda, aumentar o tamanho para usar tolerâncias de fabricação mais abrangentes.

A aplicação do método da Inversão é recomendada tanto para a solução de problemas simples como complexos, pois apresenta forte tendência às ideias inovadoras pelo fato da equipe necessitar responder a um grande número de questionamentos (Rozenfeld et al., 2006). Em problemas complexos, ou com muitos componentes, a utilização desta ferramenta pode saturar a mente, insensibilizando-a. Apesar disso, no caso de ajudar a solucionar o problema, o lucro pode ser grande, pois esta ferramenta pode proporcionar economia de tempo e evitar muitas frustrações (Baxter, 2011).

Quando se fala em variação dos aspectos formais de uma alternativa, em que se buscam um grande número de configurações entre os mesmos elementos para a definição de um produto, o método da Inversão se assemelha muito ao método Permutação, também citado por Baxter (2011). Este método, que promove a geração sistemática de variações para um produto, é recomendado para produtos já existentes ou que já estão em fase avançada em seu processo de desenvolvimento. Inclusive, o autor recomenda a utilização do método da Permutação não na fase de geração de alternativas, mas na fase de detalhamento do produto. Este método não fez parte do escopo deste trabalho primeiramente por ser citado por apenas um dos autores analisados, por ser um método demasiadamente próximo do método Inversão e, ainda, ter sua utilização recomendada em outra fase de projeto que não seja a geração de ideias do Estudo de Viabilidade, etapa em qual está concentrado este trabalho.

A exploração do método da Inversão permite uma variação sistemática das perspectivas do problema. Estas diferentes perspectivas, por sua vez, promovem um fluxo de embasamento de novas ideias. Apesar de ser considerado um método intuitivo por alguns autores, os melhores resultados obtidos por meio do método da Inversão acontecem quando ele é aplicado de forma sistemática (Dedini, 2018).

4.2.3 Analogia sistemática

Analogia é um padrão de raciocínio em que as características de um objeto são transferidas para outro objeto que, apesar de diferente, apresenta algumas propriedades em comum (Baxter, 2011). Esta ferramenta foi classificada como sistemática na Tabela 2 por propor que as analogias se sucedam por meio de etapas estruturadas. O método constitui-se na comparação e na transferência de características ou soluções provenientes de dois domínios distintos em níveis possíveis de abstração. Após a definição do problema, deve-se abstrair suas principais características e, então, buscar transferir estas características para outras áreas, possíveis de analogia. Em seguida, deve-se comparar as características do problema com características desta área de analogia. Esta comparação pode ser ao nível de funções, forma, estrutura ou comportamento. Por fim, deve-se realizar a transferência das características consideradas mais úteis para a solução do problema, realizando os ajustes necessários (Rozenfeld et al., 2006).

Este método tem seu princípio fundamentado na proposição de que uma solução criativa é obtida mediante a busca por novos caminhos, abandonando caminhos já iniciados pelo pensamento lógico, buscando ideias fora da área do contexto do problema, esforçando-se para pensar de maneira diferente do habitual ou, apenas analisando o problema sob diferente perspectiva (Bowden et al., 2005; De Bono, 1986; Grohman et al., 2017; Li et al., 2007; Pahl et al., 2007; Sprugnoli et al., 2017; Yuan; Lee, 2014).

A analogia sistemática possibilita que a equipe de projeto obtenha um conjunto de ideias mais gerais, sendo recomendado para a geração de princípios de solução para problemas complexos. Apesar disso, também pode ser utilizado para auxiliar a equipe a estabelecer os requisitos de projeto já que, ao fazer uso das analogias, é possível relacionar características imensuráveis com unidades de medida (Carvalho; Back, 2000).

As analogias realizadas com seres vivos, como animais ou plantas, são chamadas de biotécnicas, biomecânica ou biônica, e exemplificam uma forma de utilização de analogias para a busca de ideias para resolver um problema de projeto. No caso das biotécnicas, a utilização de analogias se dá ao examinar um ser vivo, observar seus movimentos, características, como desempenha suas funções, para, então, reproduzir tais comportamentos ou características na tentativa de solucionar o problema de projeto (King; Schlicksupp, 1999).

Para a apresentação deste método aos estudantes, seria importante mencionar o estudo de Chan, Dow e Schunn (2015) que, ao pesquisar a relação entre a distância do domínio das fontes de inspiração e a obtenção de melhores *insights*, descobriram que fontes conceitualmente próximas do âmbito do problema estão associadas a maior criatividade das ideias. Esta informação pode favorecer a busca de novas ideias ao buscar analogias com conceitos próximos da esfera do problema em questão.

As analogias são empregadas em alguns métodos de criatividade para estimular o pensamento lateral. O *Synectics*, por exemplo, é um método que faz uso das analogias diretas, pessoais e simbólicas. Estas técnicas são usadas para o desenvolvimento de novos produtos ou para a realização de grandes mudanças em produtos existentes (Baxter, 2011). O método da analogia sistemática pode ser abordado em sala de aula principalmente pelo fato de que as analogias são utilizadas como mecanismo para a execução de outros métodos, como o Brainstorming e o *Synectics*. Porém, considerando que estes dois métodos são mais citados na literatura de metodologia de projeto (Baxter, 2011; Carvalho; Back, 2000; Dedini, 2018; Pahl et al., 2007; Rozenfeld et al., 2006; Sozo; Forcellini, 2001) do que a Analogia Sistemática, e que eles já fazem uso das analogias para sua execução, a Analogia Sistemática não é aplicada isoladamente como ferramenta em sala de aula, tendo apenas seus conceitos expostos para que os alunos façam uso de seus princípios nas outras ferramentas que demandam de seus artifícios.

4.3 Métodos orientados

Os métodos orientados são baseados em padrões reconhecidos no processo de solução de problemas de diversas áreas, formando uma base de conhecimento a partir da análise de soluções técnicas registradas em patentes (Carvalho; Back, 2000; Sozo; Forcellini, 2001). Segundo Sozo e Forcellini (2001), os métodos orientados buscam utilizar estes padrões para a resolução de outros problemas. Para Carvalho e Back (2000) em se tratando da complexidade de um problema, os métodos orientados permitem aumentar a probabilidade de chegar à solução para um problema, pois direcionam a busca por soluções para as áreas da esfera do problema que possuem maior probabilidade histórica de encontrar a solução para o problema em questão. Porém, assim como os métodos intuitivos, os métodos orientados não são recomendados para a solução de problemas com muitas variáveis. Para problemas de maior complexidade é recomendado o uso de métodos sistemáticos, por desdobrarem o problema em problemas de menor complexidade.

4.3.1 TRIZ

TRIZ é uma sigla russa para o método chamado “Teoria da Solução Inventiva de Problemas”, introduzido por Altshuller após verificar a necessidade de desenvolver um método que favoreça a solução de problemas de forma realmente inventiva. O autor do método, juntamente com outros autores, em meados da década de 40, passou a estudar de forma sistemática soluções inventivas registradas em patente e catalogá-las com o objetivo de encontrar princípios para a inovação. Ao estudarem cerca de um milhão e meio de patentes, foi descoberto que sua maioria não apresentava grande inovação e sim era composta por pequenas variações de produtos existentes (Dedini, 2018; Rozenfeld et al., 2006). Ao analisar as patentes, Altshuller (1999) esmiuçou os problemas, as contradições e as soluções, desenvolvendo um método que visa produzir inovações da mais alta ordem.

Altshuller define um problema inventivo como um problema cuja solução gera um outro problema (Rozenfeld et al., 2006). Portanto, o método TRIZ é uma metodologia científica para a solução criativa de problemas que busca eliminar problemas conflitantes e fornece uma gama de estratégias para encontrar soluções no processo de desenvolvimento de novos produtos (Altshuller, 1996 *apud* Chou, 2014). A metodologia TRIZ sequer apresenta uma sequência rígida ou um procedimento específico para aplicação das ferramentas (Eversheim, 2009). Em vez disso, o método fornece um conjunto bem estabelecido de ferramentas para prover aos projetistas diretrizes estratégicas fundamentadas em padrões para auxiliá-los a gerar ideias e resolver problemas (Chou, 2014). Apesar do métodos da TRIZ serem continuamente desenvolvidos e publicados no TRIZ Journal, os métodos citados por Carvalho e Back (2000), Rozenfeld (2006) e Dedini (2018) para geração de alternativas no processo de projeto são:

- Princípios Inventivos e Matriz de Contradições
- Análise C-S (Campo-Substância)
- Método da Separação
- Método das Partículas
- Efeitos Físicos, Químicos, Geométricos e Biológicos

Apesar destes e outros algoritmos da TRIZ terem demonstrado ser eficazes para o desenvolvimento de produtos inovadores, sendo inclusive empregados na indústria, o método dos Princípios inventivos e da Matriz de contradições são as formas mais tradicionais de se aplicar a TRIZ (Nascimento, 2015). Sendo, portanto, o método selecionado para representação do método TRIZ neste trabalho.

4.3.1.1 Princípios Inventivos e Matriz de Contradições

Um dos princípios deste método é que um problema inventivo é definido pela presença de contradições: quando a melhoria de um parâmetro ou característica afeta negativamente outros parâmetros ou características do produto (Dedini, 2018; Rozenfeld et al., 2006).

Baseando-se em conceitos dos parâmetros de engenharia e princípios inventivos, método se inicia com a identificação dos requisitos de projeto que são conflitantes e que deverão ser otimizados. Estes requisitos devem ser associados em contradição com os parâmetros de engenharia, que são a generalização das grandezas envolvidas nos problemas técnicos de diferentes áreas. Existem trinta e nove parâmetros de engenharia, que estão descritos na Tabela 3. Dependendo do problema, estas grandezas serão maximizadas, minimizadas ou mantidas dentro de determinada faixa (Carvalho; Back, 2000; Dedini, 2018).

Tabela 3 - Parâmetros de Engenharia da TRIZ.

1. Peso do objeto em movimento	21. Potência
2. Peso do objeto parado	22. Perda de energia
3. Comprimento do objeto em movimento	23. Perda de substância
4. Comprimento do objeto parado	24. Perda de informação
5. Área do objeto em movimento	25. Perda de tempo
6. Área do objeto parado	26. Quantidade de substância
7. Volume do objeto em movimento	27. Confiabilidade
8. Volume do objeto parado	28. Precisão de medição
9. Velocidade	29. Precisão de fabricação
10. Força	30. Fatores externos indesejados atuando no objeto
11. Tensão ou pressão	31. Fatores indesejados causados pelo objeto
12. Forma	32. Manufaturabilidade
13. Estabilidade da composição	33. Conveniência do objeto
14. Resistência	34. Manutenibilidade
15. Duração da ação do objeto em movimento	35. Adaptabilidade
16. Duração do objeto parado	36. Complexidade do objeto
17. Temperatura	37. Complexidade de controle
18. Brilho	38. Nível de automação
19. Energia gasta pelo objeto em movimento	39. Capacidade ou produtividade
20. Energia gasta pelo objeto parado	

Fonte: Altshuller (1996) *apud* Dedini (2018).

Após a associação dos requisitos com os parâmetros de engenharia, devem-se identificar os princípios inventivos da TRIZ, utilizando a matriz de contradição. As contradições que devem ser analisadas podem ser administrativas, físicas ou técnicas. Nesta etapa devem-se relacionar os requisitos com a estrutura de funções e gerar as alternativas de princípios de solução para o produto para estas funções. A geração de alternativas deve ser realizada com base nos quarenta princípios inventivos citados na matriz de contradição (ALTSHULLER, 1984 *apud* CARVALHO; BACK, 2000). Os princípios inventivos estão listados na Tabela 4.

Tabela 4 - Princípios inventivos da TRIZ.

1. Segmentação ou fragmentação	21. Aceleração
2. Remoção ou extração	22. Transformação
3. Qualidade localizada	23. Retroalimentação
4. Assimetria	24. Mediação
5. Consolidação	25. Autosserviço
6. Universalização	26. Cópia
7. Alinhamento	27. Uso e descarte
8. Contrapeso	28. Substituição de meios mecânicos
9. Compensação prévia	29. Construção pneumática ou hidráulica
10. Ação prévia	30. Uso de filmes finos e membranas flexíveis
11. Amortecimento prévio	31. Uso de materiais porosos
12. Equipotencialidade	32. Mudança de cor
13. Inversão	33. Homogeneização
14. Recurvação	34. Descarte e regeneração
15. Dinamização	35. Mudança de parâmetros e propriedades
16. Ação parcial ou excessiva	36. Mudança de fase
17. Transição para nova dimensão	37. Expansão térmica
18. Vibração mecânica	38. Uso de oxidantes fortes
19. Ação periódica	39. Uso de atmosferas inertes
20. Continuidade da ação útil	40. Uso de materiais compostos

Fonte: Traduzido de Altshuller (1999).

Este método da TRIZ apresenta algumas etapas que são trabalhadas com os alunos em outras etapas do processo de projeto. As etapas da TRIZ “levantamento de necessidades dos clientes” e “estabelecimento dos requisitos do projeto do produto” são abordadas com os estudantes no momento em que se está trabalhando os processos criativos, ou seja, a obtenção de soluções alternativas. As duas etapas fazem parte das etapas iniciais do Estudo de Viabilidade, em que se coletam informações gerais e informações de mercado para dar início ao desenvolvimento do produto. Considerando apenas as etapas da TRIZ que são trabalhadas nesta altura do processo de projeto, Dedini (2018) resume este processo da TRIZ em quatro etapas de aplicação:

1. Analisar o sistema técnico e selecionar os parâmetros a serem otimizados;
2. Verificar se os parâmetros são contraditórios ou não, ou seja, se a melhoria de um parâmetro implica na defasagem de outros parâmetros.

- a. Se nenhuma contradição for encontrada, os princípios inventivos podem ser explorados livremente com objetivo de otimizar cada parâmetro;
 - b. Se alguma contradição for encontrada, deve-se agrupar os parâmetros contraditórios dois a dois.
3. Verificar os princípios inventivos na matriz de contradições, sendo que:
 - a. Linhas: parâmetros de engenharia a se melhorar (Campo 1);
 - b. Colunas: parâmetros afetados negativamente com a melhora dos parâmetros das colunas (Campo 2);
 - c. Cruzamento entre linhas e colunas: princípios inventivos (Campo 3)
4. A partir dos princípios inventivos identificados, pode-se buscar uma solução baseada nestes princípios.

Um esquema de aplicação da matriz de contradição está representado na Tabela 5.

Tabela 5 - Matriz de contradição da TRIZ.

		Campo 2 - Parâmetro de engenharia em contradição				
		Parâmetro de Engenharia 1	Parâmetro de Engenharia 2	Parâmetro de Engenharia 3	Parâmetro de Engenharia 4	Parâmetro de Engenharia 5
Campo 1 - Parâmetro de engenharia a ser otimizado	Parâmetro de Engenharia 1		Princípios de solução	Princípios de solução	Princípios de solução	Princípios de solução
	Parâmetro de Engenharia 2	Princípios de solução		Princípios de solução	Princípios de solução	Princípios de solução
	Parâmetro de Engenharia 3	Princípios de solução	Princípios de solução	Campo 3	Princípios de solução	Princípios de solução
	Parâmetro de Engenharia 4	Princípios de solução	Princípios de solução	Princípios de solução		Princípios de solução
	Parâmetro de Engenharia 5	Princípios de solução	Princípios de solução	Princípios de solução	Princípios de solução	

Fonte: Rozenfeld et al. (2006).

A recomendação para que a TRIZ seja utilizada na geração de princípios de solução é que seja utilizada em conjunto com o Quadro Morfológico (Rozenfeld et al., 2006), ferramenta que, como já abordada neste trabalho, tem como objetivo sistematizar a combinação das soluções parciais geradas para o problema de projeto.

Segundo Carvalho e Back (2000), este método auxilia a equipe de projeto a vencer a inércia psicológica, permite que as soluções sejam consideradas em um maior número de domínios e é indicado para solução de problemas complexos. Os autores ainda citam duas características do método, que é a ausência de sistematização para a realização das conexões dos princípios de solução para cada função e permite que a equipe de projeto tenha soluções ótimas e não somente de compromisso.

4.3.2 SIT

SIT é uma sigla em inglês para Pensamento Inventivo Sistemático (*Systematic Inventive Thinking*), um método de criatividade ligeiramente semelhante aos métodos Inversão, MESCRAI ou SCAMPER, mas que se distingue por ter sua abordagem mais voltada para os componentes. Com o objetivo de simplificar os métodos criativos, o método foi criado por Jacob Goldenberg e Roni Horowitz após estudarem, enquanto PhDs, o uso de processos criativos no TRIZ, estudo que foi realizado sob orientação de Ginaldi Filkovsky, antigo assistente de Genrich Altshuller, o criador do TRIZ (Dedini, 2018).

Os autores do método defendem que para uma solução ser considerada criativa do ponto de vista da engenharia ela deve satisfazer simultaneamente duas condições: a condição de “Mundo Fechado” e a condição da “Mudança Qualitativa”, representadas respectivamente pelas siglas CW (*Close World*) e QC (*Qualitative Change*) (Maimon; Horowitz, 1999).

A condição CW (mundo fechado) determina que nenhum novo objeto pode ser adicionado ao sistema, embora seja possível excluir objetos ou adicionar objetos adjacentes (Sozo; Forcellini, 2001).

A condição QC (mudança qualitativa) significa modificar uma característica do sistema de modo que uma função crescente se torne decrescente ou, pelo menos, um valor constante. Os autores exemplificam esta condição com uma lâmpada incandescente: a temperatura do filamento é inversamente relacionada à vida útil da lâmpada. Neste caso, se a QC for aplicada, a temperatura do filamento não estaria relacionada à vida útil da lâmpada ou, ainda, o aumento da temperatura resultaria no aumento de vida útil da lâmpada (Maimon; Horowitz, 1999).

A efetivação do método se dá nas seguintes etapas, explicadas por Sozo e Forcellini (2001):

- Reformular o problema por meio da aplicação das condições CW e QC: encontrar uma solução em que pelo menos uma das funções crescentes se tornarão constantes ou decrescentes. Esta solução deve, ainda, envolver apenas elementos já presentes no sistema ou objetos adjacentes;
- Com o problema reformulado, selecionar a estratégia de pensamento. Esta etapa tem o objetivo de determinar um conjunto de técnicas para geração de ideias: extensão ou reestruturação;
- Se a estratégia de extensão tiver sido selecionada, a geração de ideias para solucionar o problema pode ser feita a partir de unificação ou multiplicação de elementos do sistema. Já, se a estratégia de reestruturação tiver sido selecionada, as técnicas a serem utilizadas para a geração de ideias podem surgir a partir da divisão, do aumento da variabilidade e da remoção de um elemento. As técnicas de extensão direcionam a geração de ideias para a identificação de um elemento que executará a nova

função. As técnicas de reestruturação, por sua vez, direcionarão as ideias a um aumento de grau de liberdade de possíveis alterações no objeto do problema.

Após realizada as três etapas, a solução resultante será composta de três elementos: o estafo físico final desejado, que foi deduzido pela condição QC; os objetos modificados e a modificação necessária. A condição CW irá limitar os elementos utilizados na solução final aos já existentes no sistema (Sozo; Forcellini, 2001). Os autores ainda citam as vantagens da utilização deste método, que são:

- Redução de custos graças à condição CW;
- Não permite a adição de novos elementos para solucionar o problema;
- Promove a superação da inércia psicológica;
- Possui forte tendência à geração de ideias inovadoras por meio da reformulação do problema;
- Técnicas criativas são selecionadas de acordo com as particularidades do problema;
- Possibilita soluções ótimas e não apenas ideias de compromisso.

Na metodologia de Rozenfeld et al. (2006), o SIT é apenas citado na lista de ferramentas de criatividade. Porém, o método não é aprofundado na metodologia dos autores, o que o retira da lista das ferramentas mais abordadas nas metodologias de projeto. Por este motivo, e por ter sua aplicação similar à de outros métodos já citados neste trabalho (Inversão, MESCRAI ou *SCAMPER*), assim como na disciplina de projeto, o método SIT não é tradicionalmente trabalhado de forma prática em sala de aula.

5 Materiais e Métodos

Este trabalho consistiu em uma análise realizada a partir da aplicação de algumas ferramentas de criatividade com estudantes de graduação do curso de Engenharia Mecânica da Unicamp, em Campinas – SP. O estudo foi realizado durante o Programa de Estágio Docente da autora sob orientação do Prof. Franco Giuseppe Dedini.

A amostra para realização do estudo foi composta por duas turmas (turma A e turma B) da disciplina EM909 - Projeto de Sistemas Mecânicos, que eram compostas por alunos que se encontravam desde o segundo até o quarto ano de graduação. Ao todo, as duas turmas somavam 146 estudantes. O estudo foi realizado em horário de aula das turmas, no período de 30 agosto à 18 de setembro de 2018.

A disciplina tem em sua ementa a apresentação de normas e sistemáticas do projeto mecânico, conforme a metodologia adotada há mais de vinte anos nos cursos de Engenharia da Unicamp, que foi sintetizada por Dedini (2018). O objetivo da disciplina é prover aos graduandos parâmetros críticos para elaboração e avaliação de projetos com ênfase nas ferramentas de desenvolvimento. Nas aulas, busca-se expor as ferramentas e técnicas, apresentar seus conceitos, discutir sua utilização e instruir os alunos para sua aplicação mediante a realização de exercícios. Para a realização deste trabalho, foram analisados os exercícios sobre métodos de criatividade.

É importante ressaltar que todos os métodos de criatividade utilizados para a efetivação deste trabalho já faziam parte do conjunto de exercícios comumente trabalhados na disciplina por meio do ensino teórico e aplicação prática, ou seja, não houve necessidade de adaptação do conteúdo da disciplina para a realização deste trabalho. Nem mesmo adaptação de exercícios foi necessária para aplicação específica para este trabalho, já que a cada semestre as atividades realizadas em sala recebem algumas variações, como novos temas para serem solucionados, atualizações nos enunciados com foco no auxílio da compreensão por parte dos estudantes e, até mesmo, algumas ferramentas que são substituídas por outras, sempre com foco na melhoria da aprendizagem do aluno. A realização deste estudo consistiu no acompanhamento dos exercícios de métodos de criatividade, tendo a autora deste trabalho atuado na aplicação dos exercícios, tanto na apresentação dos enunciados quanto no esclarecimento de dúvidas dos estudantes enquanto estes realizavam as atividades.

Para avaliar a efetividade do ensino dos métodos de criatividade na metodologia de projeto, o estudo foi dividido em duas etapas que foram aplicadas às mesmas duas turmas de alunos. A primeira etapa do estudo foi realizada no início do semestre, antes dos estudantes terem assistido às aulas sobre a metodologia e, principalmente, sobre os processos criativos, e consistiu na solicitação aos alunos da solução de um problema de projeto sem o respaldo de algum método de criatividade. Na segunda etapa do estudo os alunos deveriam propor soluções para problemas de projeto de

diversos níveis de complexidade, mas, desta vez, deveriam aplicar as ferramentas de criatividade apresentadas em aula. A “Etapa 1” do estudo foi realizada em apenas um encontro com cada turma, enquanto que a “Etapa 2” foi dividida em três dias, ou seja, três encontros com cada turma.

A segunda etapa do estudo consistiu na aplicação prática de seis ferramentas de criatividade. Os métodos de criatividade selecionados para a realização da segunda etapa do estudo foram: Brainstorming, 6.3.5, Quadro Morfológico, Inversão, Galeria e *Synectics*. Como era desejável que todos os alunos das duas turmas tivessem a oportunidade de aprender de forma prática todos os métodos trabalhados, esta segunda etapa do estudo foi dividida em três dias para que desse tempo de trabalhar os seis métodos com todos os estudantes. Considerando que a disciplina dispõe de seis aulas sobre processos criativos, com duas aulas por dia, ou seja, três encontros com a turma, em cada um destes encontros foram aplicados dois métodos. Desta forma foi possível trabalhar com os graduandos todos os métodos de criatividade selecionados. A Figura 6 representa um segundo fluxograma da organização do estudo, contendo a divisão das etapas, as ferramentas selecionadas e sua distribuição nos dias de aplicação.

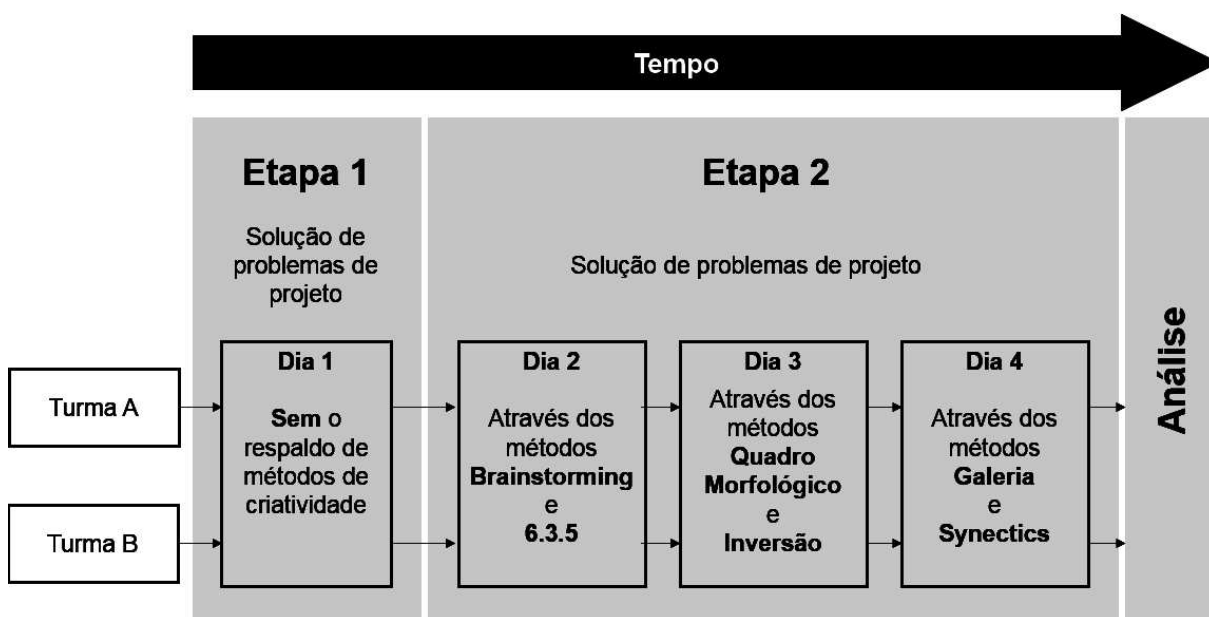


Figura 6 - Estudo com distribuição das ferramentas aplicadas.

Para a realização dos exercícios, os mesmos enunciados foram aplicados em ambas as turmas e, com exceção da primeira etapa do estudo, em que haviam dois problemas e cada turma recebeu um deles para resolver, as duas turmas trabalhavam com os mesmos problemas de projeto para solucionar. Estes problemas de projeto serão tratados adiante, na apresentação dos temas de cada um dos exercícios. Os exercícios eram aplicados em dias diferentes, já que a turma A tinha suas aulas nas terças-feiras e a turma B, nas quintas-feiras.

Os exercícios propostos aos alunos para a realização do estudo foram aplicados logo após o intervalo da primeira aula da disciplina. Cada turma dispunha de 2 aulas semanais da disciplina, de duas horas cada, que eram aplicadas no mesmo dia, totalizando 4 horas de aula em uma tarde da semana, sendo que a turma A tinha aula às terças-feiras e a turma B às quintas-feiras. As primeiras duas horas de aula eram normalmente reservadas à exposição de conteúdo da disciplina. Os exercícios de criatividade aplicados com as turmas da amostra sempre foram aplicados às turmas após o intervalo destas primeiras duas horas. As duas horas restantes eram reservadas para a realização de exercícios, momento em que as turmas se dividiam em grupos e se organizavam para a realização das atividades. Os grupos foram divididos no início do semestre e foram os mesmos em todos os exercícios.

A aplicação de todos os exercícios do estudo foi estruturada para que todos eles fossem aplicados da mesma maneira em ambas as etapas e para todos os métodos de criatividade. O andamento dos exercícios se sucedeu da seguinte forma:

Primeiramente, logo após o intervalo da primeira aula do dia, os alunos se dividiam em 11 grupos, que ficaram com 6, 7 ou 8 participantes. Após se organizarem, cada equipe recebia um enunciado do exercício impresso em que, antes da apresentação da atividade em si, sempre havia espaço para que os estudantes preenchessem seus nomes e o nome da equipe, já que a realização dos exercícios contava nota para sua avaliação na disciplina. Na sequência da apresentação do problema, na folha do enunciado estavam as diretrizes para a realização da atividade, incluindo requisitos de projeto e/ou passo a passo no caso de ser solicitada a utilização de algum método de criatividade.

Os exercícios eram sempre apresentados por uma das estagiárias da disciplina, que também ficavam à disposição dos alunos durante toda a realização para solucionar eventuais dúvidas que pudessem surgir.

Todos os exercícios entregues pelos graduandos foram corrigidos pelas estagiárias da disciplina. Os critérios para avaliação consistiam na execução de todas as diretrizes solicitadas para a realização do método, apresentadas no enunciado de cada exercício. As notas atribuídas às equipes fizeram parte da avaliação da disciplina, portanto, as notas eram divulgadas à turma juntamente com comentários a respeito do desempenho de cada equipe em cada exercício.

Nem todos os critérios utilizados para avaliação dos exercícios diziam respeito ao método de criatividade em si como, por exemplo, o nível de detalhamento de esboços. Este critério foi utilizado para avaliação de todos os exercícios de criatividade. Por este motivo, a avaliação completa dos exercícios, que foi feita sob a perspectiva da disciplina, nem sempre foi levada em consideração para a análise dos métodos de criatividade, que é o que este estudo se propõe a fazer. Porém, alguns pontos desta avaliação poderão ser mencionados caso sejam referentes à execução do método de criatividade.

5.1 Estudo – primeira etapa

A primeira etapa do estudo foi realizada no primeiro encontro de cada turma, logo após a primeira aula, que foi uma introdução ao processo de projeto. Nesta aula foram apresentados alguns acontecimentos históricos que levaram a humanidade a desenvolver os projetos da maneira como conhecemos hoje. Nenhuma metodologia específica para o desenvolvimento de produtos foi apresentada nesta aula, tampouco orientação sobre busca de produtos existentes ou treinamento sobre a execução de projetos.

5.1.1 Aplicação da atividade inicial

Na realização desta etapa do estudo as equipes tiveram que propor soluções para os problemas de projeto sem o respaldo de métodos de criatividade. Os enunciados completos deste exercício, intitulado “Atividade Inicial”, tanto da Turma B como da Turma A, podem ser conferidos nos Anexos B.1 e B.2, respectivamente. Esta etapa do estudo ocorreu da seguinte maneira, em cada turma:

1. Separação da turma em equipes;
2. Distribuição das folhas com o enunciado do exercício;
3. Apresentação verbal do exercício para a turma, pelas estagiárias da disciplina;
4. Realização do exercício pelas equipes;
5. Entrega das folhas dos exercícios resolvidos às estagiárias da disciplina.

As informações que constavam nas folhas de exercício eram as de que os alunos deveriam propor um projeto para o tema proposto conforme as seguintes informações:

- O produto deve permitir a motorização de bicicletas convencionais com ou sem marchas (Turma A) ou de cadeiras de rodas convencionais (Turma B);
- O kit (ou módulo) deveria ser de fácil acoplamento e desacoplamento do sistema (bicicleta ou cadeira de rodas);

Foi solicitado aos estudantes que apresentassem a solução por meio de esboços e, também, que respondessem às seguintes questões que constavam na folha:

- Que detalhassem ao máximo os procedimentos utilizados para chegar à solução;
- Que respondessem se haveria ou não outras ideias tão boas quanto a ideia proposta.

O problema de projeto que constava no enunciado do exercício aplicado à Turma B foi um “Módulo para motorização de cadeira de rodas” e no aplicado à Turma A foi um “Módulo para motorização de bicicletas”. A distinção do problema para as duas turmas foi considerada para que um dos temas seja retomado posterior-

mente em exercício de aplicação de outro método de criatividade: o Quadro Morfológico. A comparação dos resultados das duas turmas, referente à aplicação do Quadro Morfológico, possibilitaria, assim, a observação de se houve ou não diferença nas soluções. A distribuição dos temas a serem utilizados como problema de projeto para aplicação de cada uma das ferramentas será abordada na próxima seção.

A atividade desta primeira etapa deveria ser entregue ao final da aula. Os alunos tiveram duas horas para desenvolver soluções para o problema e poderiam fazê-lo de acordo com seus conhecimentos prévios, podendo ou não aplicar métodos que por ventura conhecessem antes de assistir às aulas. Nesta etapa os estudantes puderam buscar soluções da maneira que julgassem mais adequada e, inclusive, não foi vetada aos alunos a utilização de dispositivos eletrônicos para acesso à internet, como smartphones e notebooks, caso desejassem realizar qualquer busca que julgassem necessária para a solução do problema. Os participantes apenas receberam as orientações para que não utilizassem os dispositivos para atividades que não fossem pertinentes à mesma. Durante a realização do exercício, os alunos eram informados sobre o tempo que restava para a finalização da tarefa, neste tempo, eles poderiam esclarecer suas dúvidas com as duas estagiárias da disciplina.

As dúvidas dos estudantes eram referentes à apresentação da proposta, nível exigido do detalhamento dos procedimentos e outras questões que já haviam sido comentadas na apresentação do exercício como, por exemplo, se poderiam ou não realizar alterações fixas nos produtos (por exemplo, cortar e soldar a cadeira de rodas ou a bicicleta). Portanto, no momento em que surgiam as dúvidas, estas questões eram apenas reforçadas.

Como o objetivo desta etapa do estudo foi compreender o processo de busca de soluções para um problema de projeto sem o respaldo de métodos de criatividade, o foco da análise foi direcionado ao processo de desenvolvimento relatado pelos próprios alunos. Apesar do enunciado do exercício solicitar a apresentação de apenas uma alternativa para o problema, também foi requerida a descrição do processo utilizado para que se chegasse à alternativa final. Na descrição deste processo, a existência ou não de outras possibilidades de solução do problema proposto também foi solicitada.

A análise dos resultados deste exercício foi realizada por meio da observação dos procedimentos relatados pelos alunos, buscando encontrar quais foram as estratégias utilizadas para o desenvolvimento solução, assim como a seleção de alternativas.

5.2 Estudo – segunda etapa

A segunda etapa do estudo foi iniciada logo após os alunos terem assistido à primeira aula sobre processos criativos. Apesar de uma das aulas ter sido ministrada pela autora deste trabalho, que foi uma das estagiárias da disciplina, todas elas tiveram o mesmo conteúdo e seguiram o mesmo roteiro das aulas deste tema nas disciplinas de metodologia de projeto. Na metodologia adotada como referência as ferramentas

de criatividade são abordadas na fase de geração de soluções alternativas, na etapa denominada Estudo de Viabilidade. Na aula em questão foram apresentados os conceitos de criatividade conforme alguns autores de referência na área, como Alex F. Osborn e Eugene K. Von Fange, sua importância para o desenvolvimento de produtos inovadores e, ainda, são apresentadas algumas diretrizes para a efetivação do processo criativo no projeto de um produto ou sistema. Ferramentas de auxílio ao pensamento criador são expostas nesta aula, sendo que o foco maior é sempre direcionado para as ferramentas que têm posterior aplicação prática em exercícios realizados em sala de aula.

As ferramentas de criatividade que foram utilizadas para a realização desta etapa do estudo foram os métodos intuitivos (Brainstorming, 6.3.5, *Synectics* e Galeria), os analítico-sistemáticos (Quadro Morfológico e Inversão).

Conforme já mostrado na Figura 4, os exercícios desta etapa do estudo necessitaram de três dias para sua aplicação. Apesar da disciplina já dispor de duas a três aulas sobre processos criativos, podendo o professor utilizar estas aulas da maneira que julgue mais adequada, esta distribuição dos exercícios foi considerada necessária para que os alunos obtivessem o aproveitamento máximo em termos de aprendizagem das ferramentas. Acredita-se que esta aprendizagem é impulsionada com a apresentação de alguns métodos de criatividade e sua aplicação logo em sequência. Portanto, os exercícios que sucediam as aulas haviam sido apresentados e explicados no mesmo dia.

Todos os exercícios aplicados para a realização da segunda etapa deste estudo ocorreram da seguinte forma:

1. Separação da turma em equipes;
2. Distribuição das folhas com o(s) enunciado(s) do(s) exercício(s) do dia (um ou dois exercícios eram distribuídos neste momento);
3. Apresentação verbal do exercício para a turma, pelas estagiárias da disciplina (apenas um dos exercícios);
4. Realização do exercício pelas equipes;
5. Entrega das folhas dos exercícios resolvidos às estagiárias da disciplina.
6. No caso de um segundo exercício ser aplicado no dia, este era apresentado verbalmente quando a maioria da turma já havia finalizado o primeiro. Neste caso, os enunciados eram entregues juntamente com os do primeiro exercício, apenas a explicação se sucedia após os alunos finalizarem o primeiro.

Os enunciados de cada exercício eram compostos basicamente por:

- Apresentação de um problema de projeto (tema);
- Divulgação do método de criatividade a ser utilizado para geração de soluções;
- Diretrizes para a execução do método;
- Requisitos ou outras características que o produto deveria atender;

- Quantidade de soluções finais que devem ser apresentadas (normalmente três);
- Forma de apresentação das soluções (normalmente esboços explicativos);
- Informação de quando o exercício deveria ser entregue, se ao final da aula ou, em alguns casos, na aula seguinte.

Os temas propostos de problema de projeto em cada exercício estão representados na Figura 7. O diagrama também fornece uma referência de ordem da aplicação dos métodos de criatividade: a seta preta, ou seja, a ordem das ferramentas no decorrer do estudo ocorreu de cima para baixo.

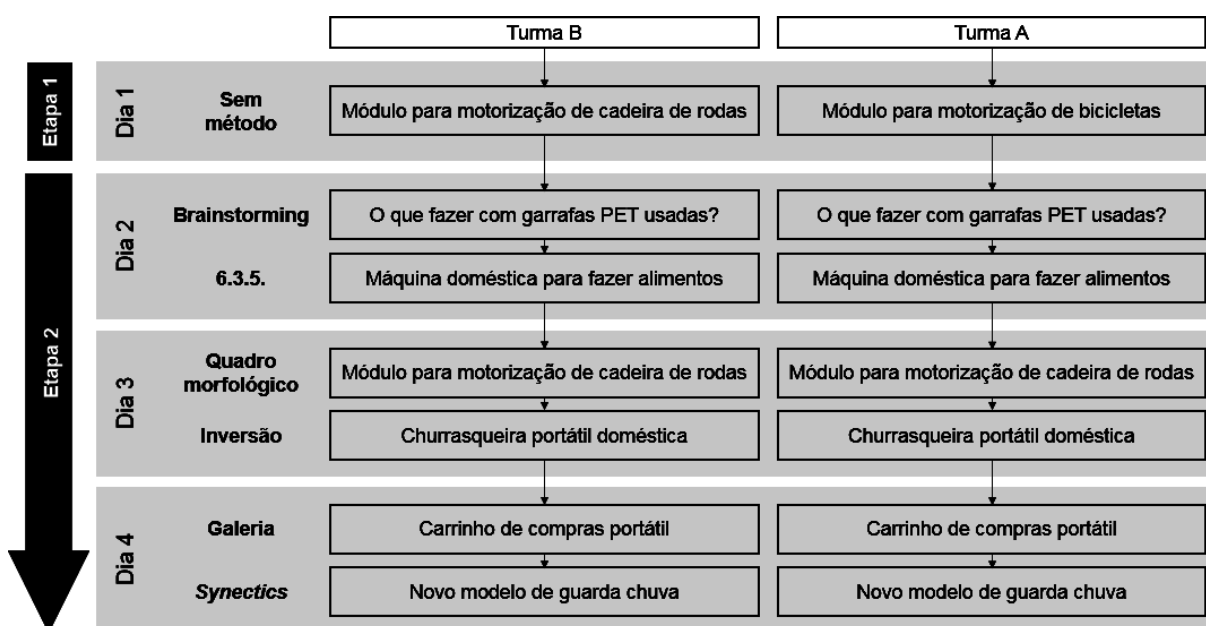


Figura 7 - Temas propostos para cada exercício de criatividade.

Durante os exercícios desta segunda etapa não foi solicitada aos estudantes a utilização de dispositivos eletrônicos para acesso à internet, pois, desta vez, os alunos contavam com o respaldo de uma ferramenta de criatividade. Porém, não foi vetado o uso destes dispositivos durante a realização das atividades.

Alguns dos exercícios não tiveram sua aplicação em sala de aula. Nestes casos, os enunciados eram entregues e tinham sua proposta explicada verbalmente pelas estagiárias, mas, a entrega deles era solicitada para a aula seguinte. A necessidade de que alguns exercícios não fossem realizados em sala foi considerada para que fosse possível a aplicação dos seis métodos no mesmo semestre. Para que fosse garantida a aplicação correta de todos os métodos, os exercícios que precisaram ser realizados pelos alunos como atividade extraclasse continham um enunciado diferenciado. O enun-

ciado destes exercícios também continha um passo a passo para a utilização da ferramenta de criatividade, sendo mais detalhado do que os exercícios que tiveram sua aplicação em sala de aula.

Os exercícios que foram aplicados para a realização fora da sala de aula, foram os do Método 6.3.5 e o Inversão. Estes foram os exercícios selecionados porque tiveram sua aplicação julgada menos complexa do que os métodos Brainstorming, Quadro Morfológico, Galeria e *Synectics*, que necessitariam maior apoio das monitoras para sua realização. Acreditou-se que um enunciado com um passo-a-passo detalhado fosse suficiente para que os alunos realizassem a aplicação correta dos métodos como atividade extraclasse.

O método de aplicação de cada um dos exercícios está descrito em ordem cronológica na qual eles foram realizados.

5.2.1 Aplicação do método Brainstorming

No exercício de aplicação deste método, as equipes tiveram de propor soluções para o problema “O que fazer com garrafas PET usadas”. Para a realização deste exercício, um tempo de trinta minutos foi estipulado para a realização da primeira etapa, que era a de geração de ideias. Passados os trinta minutos, os alunos poderiam dar continuidade ao restante do exercício, sem controle de tempo. As etapas que constavam no enunciado do exercício foram:

- Gerar o máximo de ideias possíveis para solucionar o problema (30 minutos);
- Classificar as ideias geradas entre viáveis, promissoras e absurdas⁵;
- Selecionar quinze ideias originais: cinco viáveis, cinco promissoras e cinco absurdas;
- A partir das quinze ideias, desenvolver três soluções finais para o problema proposto. Estas soluções deveriam ser consideradas inovadoras pelo grupo e deveriam ser apresentadas por meio de esboços explicativos.

O enunciado completo deste exercício, intitulado “Exercício sobre Brainstorming”, pode ser conferido no Anexo B.3.

⁵ Os critérios sugeridos para classificação das ideias em viáveis, absurdas ou promissoras são os seguintes, conforme esclarecidos pela disciplina: Ideias viáveis são possíveis de serem produzidas ou colocadas em prática, exigindo pouca ou nenhuma alteração para sua viabilidade física, ética, tecnológica ou econômica. As ideias absurdas são aquelas desprovidas de lógica ou, ainda, que sejam inviáveis no quesito físico, ético, tecnológico ou econômico. As ideias promissoras, apesar de não poderem ser consideradas viáveis, são ideias que possam vir a se tornar viáveis mediante algumas alterações, melhor desenvolvimento ou, ainda, com o surgimento (ou desenvolvimento) de alguma tecnologia que possa, então, torná-la viável (Dedini 2018).

Os primeiros trinta minutos destinados à geração de ideias tiveram seu início e fim controlados pelas estagiárias docentes, as quais aplicaram o exercício em turma. O tempo começou a ser contado logo que a atividade foi apresentada, mas, passados 25 minutos, os alunos foram avisados do tempo decorrido e solicitados a utilizarem os últimos 5 minutos apenas para a geração de ideias absurdas. Ressalta-se que, para toda a etapa de geração, os estudantes foram orientados a expor e anotar toda e qualquer ideia que lhes viessem à mente, independentemente da viabilidade da ideia. Ou seja, as ideias anotadas poderiam ser tanto viáveis, como promissoras ou absurdas, mas esta análise não deveria ser realizada nesta etapa da sessão. Foi julgado importante que os últimos minutos da sessão fossem reservados para a criação de “apenas” ideias absurdas porque, por experiência em semestre anteriores, é notório que os alunos possuem certa predisposição a cogitar apenas ideias viáveis.

A premissa sugerida por Osborn (1975) para a realização desta ferramenta, de que “quantidade precede qualidade” foi citada com destaque durante a apresentação do exercício. Esta premissa foi citada para enfatizar que críticas às ideias não deveriam ocorrer de maneira nenhuma durante a fase de geração de ideias e que, inclusive, é desejável que o resultado de uma sessão de Brainstorming contenha um número elevado de soluções “absurdas”, ou seja, inviáveis ou, simplesmente, desprovidas de lógica. Tanto a ênfase da necessidade de ideias absurdas, como a proibição de qualquer avaliação da exequibilidade das ideias, seja por comentários, risos ou qualquer manifestação de julgamento, foram salientadas na aplicação deste exercício por conta da premissa de que os alunos possuem propensão na criação apenas de ideias viáveis, como já citado no parágrafo anterior.

Essa premissa foi percebida tanto por professores que já lecionaram esta disciplina em semestres anteriores, como, também, em estudo realizado pelo LabSIn (Carretta et al., 2018) que analisou os resultados de uma sessão de Brainstorming com uma turma de graduandos de Engenharia de Controle e Automação da Unicamp. O estudo em questão validou a hipótese de que os estudantes possuem certa limitação na geração e expressão de ideias absurdas e, ainda, justificou que esta limitação é proveniente da validação das ideias que ocorreu simultaneamente à etapa durante a qual apenas novas soluções deveriam ser geradas.

A avaliação das ideias não deve ocorrer de maneira simultânea à fase de geração justamente para que ideias que possam ser consideradas absurdas não sejam eliminadas neste momento. A importância das ideias inviáveis em uma sessão de Brainstorming é defendida por Osborn (1975) porque, por mais sem valor que possam aparentar ser, elas podem ser melhoradas ou combinadas com outras ideias, resultando em uma ideia melhor que todas as outras já apresentadas. Por este motivo, o autor defende que quanto mais extrema uma ideia seja, melhor ela é.

Portanto, considerando que numa sessão de Brainstorming o resultado esperado seja um grande montante de ideias e que, ainda, seja desejável um grande número de ideias absurdas, a proporção de soluções “viáveis”, “promissoras” e “absurdas”

será considerada para análise neste trabalho. Esta classificação utilizada foi a mesma realizada pelos estudantes, os quais tiveram de classificar todas as ideias geradas como parte da atividade. Como esta classificação é relevante para o desenvolvimento das habilidades criativas dos alunos, as ideias foram quantificadas da mesma forma em que foram listadas, ou seja, não foi utilizado outro parâmetro para análise de viabilidade real as soluções propostas pelos estudantes. Ressalta-se ainda para a apuração das soluções que, como as equipes trabalharam individualmente, não foram descartadas ideias repetidas.

Foi analisado, também, para a análise da aplicação da ferramenta, tempo destinado à geração de ideias apenas absurdas. A efetividade ou não desta estratégia foi discutida após a verificação da forma em que as equipes utilizaram os cinco minutos finais.

5.2.2 Aplicação do Método 6.3.5

Neste exercício as equipes tiveram que desenvolver soluções para o projeto de uma “Máquina doméstica automatizada para fazer alimentos” utilizando o Método 6.3.5 para a busca de soluções. As equipes receberam o enunciado ao final da aula e deveriam entregar o resultado do exercício na aula da semana seguinte. Ou seja, a aplicação deste exercício não foi realizada em sala de aula. Por conta disso, o exercício de aplicação do método 6.3.5 continha em seu enunciado algumas diretrizes para aplicação da ferramenta um pouco mais detalhadas do que os enunciados dos exercícios que foram realizados em sala. Estas diretrizes consistiam em um passo a passo para orientar os alunos a utilizarem o método a fim de propor soluções para o problema de projeto.

Para a realização deste exercício, o enunciado contava com as seguintes orientações:

- Após gerar as ideias, classificá-las entre ideias viáveis, promissoras ou absurdas;
- Formular 3 soluções para o problema de projeto, apresentando-as por meio de esboços explicativos.

O enunciado completo deste exercício, intitulado “Exercício sobre 6.3.5”, pode ser conferido no Anexo B.4.

Ao propor soluções para o tema do exercício, as equipes poderiam escolher entre duas opções de apresentação das três soluções:

- Três soluções para uma proposta de máquina doméstica automatizada para fazer alimentos;
- Três propostas de máquinas diferentes, sendo uma solução para cada proposta.

A informação de que as equipes poderiam optar por estas duas maneiras de apresentar as três soluções foi explicada verbalmente aos alunos no momento em que o exercício foi exposto e os enunciados foram entregues.

Formulários em branco para aplicação do método 6.3.5 foram entregues às equipes juntamente com os enunciados. As equipes receberam os formulários em quantidade equivalente ao número de integrantes. Como haviam equipes com 6, 7 ou 8 componentes, ou seja, em alguns casos mais do que os 6 participantes recomendados para a realização do método, as equipes foram orientadas a realizar as rodadas do método apenas até que os formulários fossem preenchidos. Ou seja, caso a equipe tivesse mais de 6 integrantes, os formulários não passariam pelas mãos de todos eles.

Como esta atividade não foi realizada em sala de aula, o enunciado continha, além das diretrizes comuns para a realização do exercício, um passo a passo para que os alunos aplicassem o método 6.3.5 para a busca de soluções para o problema:

1. Distribuir um formulário para cada participante;
2. Após cuidadosa análise e familiarização com o problema, escrever três soluções iniciais na primeira linha do formulário;
3. Após 5 minutos, passar a folha para o participante vizinho, que deve sugerir outras três novas soluções ou desenvolver as soluções já sugeridas;
4. Este movimento deve se repetir até que 6 passagens sejam completadas;
5. Ao final do procedimento é realizada uma avaliação e seleção de quais ideias devem ser implantadas.

A análise dos resultados deste exercício consistiu na verificação da originalidade das soluções finais, assim como o desenvolvimento de seus esboços.

5.2.3 Aplicação do método Quadro Morfológico

Para aplicação deste método, os alunos tiveram que criar soluções para um “módulo para motorização para cadeira de rodas”. Neste exercício, os estudantes de uma das turmas já tinham um conhecimento prévio do problema por terem trabalhado com este tema na primeira etapa do estudo. A utilização de temas distintos na primeira etapa para apenas um deles ser reutilizado agora foi julgada interessante para que seja possível uma comparação dos resultados das duas turmas. Esta comparação visaria descobrir se esta ferramenta de criatividade, como um método sistemático, possibilita a geração de soluções criativas por si só ou se existiria a necessidade da equipe de projeto realizar uma busca de soluções anterior, utilizando outra ferramenta de criatividade.

De forma similar à primeira atividade realizada com os alunos, em que eles deviam propor soluções para o projeto sem qualquer método de criatividade proposto, o enunciado deste exercício continha dois requisitos que os estudantes deveriam observar para encontrar soluções para o produto. Os requisitos eram:

- O produto deve permitir a motorização de cadeiras de rodas convencionais;
- O kit (ou módulo) deveria ser de fácil acoplamento e desacoplamento da cadeira de rodas;

Porém, o enunciado deste exercício continha as recomendações para a utilização do método de criatividade, sendo:

- Listar as funções e parâmetros que o módulo deveria contemplar;
- Estruturar o Quadro Morfológico, utilizando pelo menos 7 funções ou parâmetros que, para cada um deles, deveriam ser apresentadas de 6 a 8 soluções parciais;
- Preencher o quadro com as soluções parciais, podendo ser ideias novas ou soluções já conhecidas. Os alunos podiam representar as ideias por meio de palavras ou esboços.
- Analisar cada solução parcial em relação aos objetivos que deveriam ser alcançados;
- Combinar as soluções parciais para estabelecer 3 combinações diferentes para o produto;
- Representar as três soluções por meio de esboços explicativos.

O enunciado completo deste exercício, intitulado “Exercício sobre Quadro Morfológico”, pode ser conferido no Anexo B.5.

Apesar da avaliação dos resultados deste exercício ter utilizado como critério o cumprimento do passo-a-passo solicitado no enunciado, para a análise da ferramenta foram observados os resultados finais das equipes, levando em consideração a originalidade das soluções. As soluções mais originais foram consideradas as que mais se distinguiram entre elas, mas que, principalmente, se distinguiram das alternativas das outras equipes. Um comparativo entre os resultados das duas turmas também foi realizado, considerando que uma delas já havia trabalhado com o tema de projeto no exercício da primeira etapa deste estudo.

5.2.4 Aplicação do método Inversão

Para a realização desta atividade, os alunos tiveram de aplicar o método da Inversão para gerar soluções para transformar um produto existente, no caso, uma “Churrasqueira doméstica”. A foto de uma churrasqueira específica foi colocada no exercício para que os estudantes pudessem propor melhorias para aquele produto em questão. Os enunciados do exercício foram entregues às equipes ao final da aula e os alunos deveriam entregar o resultado na aula da semana seguinte. Ou seja, assim como exercício do método 6.3.5, o exercício do método Inversão foi realizado como atividade extraclasse. Por este motivo, o enunciado deste exercício também continha as diretrizes para a aplicação do método mais detalhadas do que os exercícios que foram realizados em sala.

Acompanhando o enunciado, os alunos também receberam uma folha contendo um quadro para ser preenchido com as alternativas. Este quadro foi montado a partir da ferramenta de nome MESCRAI, proposta por Baxter (2011), como uma forma de auxiliar os estudantes a realizar transformações no produto de maneira sistemática. O quadro continha em sua primeira coluna sugestões para alterar as configurações do produto, sendo que cada linha continha uma das seguintes palavras: Modifique, Elimine, Substitua, Combine, Rearranje, Adapte, Inverta. As colunas seguintes, que não eram delimitadas, eram destinadas ao preenchimento com as alternativas. As colunas não foram delimitadas para que as equipes não se sentissem limitadas a um número mínimo ou máximo de alternativas a serem geradas em cada linha, ou seja, a quantidade de alternativas ficou a critério da equipe. No entanto, para o preenchimento do quadro, os alunos foram orientados a esboçar pelo menos uma variação para cada linha e, no mínimo, 15 variações totais do produto, podendo distribuir os esboços entre as opções “modifique”, “elimine”, “combine” etc.

O enunciado do exercício continha as seguintes orientações:

1. Primeiramente, listar as funções e parâmetros que o produto deve contemplar, a fim de explorar os sistemas envolvidos neste produto;
2. Estabelecer o(s) objetivo(s) de melhoria do produto, para direcionar a geração de soluções.
3. No quadro fornecido com as etapas da ferramenta, gerar alternativas buscando atender às possibilidades de variação do produto, realizando as alterações conforme as etapas representadas pela sigla MESCRAI: Modifique, Elimine, Substitua, Combine, Rearranje, Adapte, Inverta.
4. Preencher o quadro com esboços simples das ideias;
5. Selecionar três configurações de acordo com os objetivos definidos pela equipe;
6. Para concluir, para cada solução, apresentar quais são as vantagens em relação ao produto original.

O enunciado completo deste exercício, intitulado “Exercício sobre Inversão”, pode ser conferido no Anexo B.6.

Para análise desta ferramenta foram observadas, além da originalidade das soluções propostas, a forma que as equipes utilizaram o Quadro de Inversão fornecido para a variação do produto. Se as equipes preencheram todo o quadro, se realizaram as alterações sugeridas e, ainda, qual o tipo de variação foi realizado: configuração física, material, conceito etc. Foi avaliada, também, se o fornecimento de um quadro de Inversão contribuiu para a aplicação do método.

5.2.5 Aplicação do método Galeria

No exercício de aplicação desta ferramenta os alunos tiveram que desenvolver um “Carrinho de compras portátil”. Para que pudesse ser aplicada no tempo de uma

aula, para a realização deste exercício foi apresentada uma versão simplificada do método Galeria, em que algumas etapas foram realizadas simultaneamente. Originalmente, a ferramenta conta com duas etapas de formação de ideias. Porém, nesta atividade, a segunda delas foi suprimida e a segunda geração de ideias foi planejada para ocorrer, em grupo, juntamente com a etapa associativa (Etapa 3), em que os integrantes estariam buscando a análise e melhoria das propostas apresentadas na primeira etapa de formação de ideias (Etapa 2).

Os dois requisitos que os alunos deveriam atender para formular as soluções constavam na descrição da “Etapa 1” da realização do exercício. As etapas que os estudantes deveriam executar e constavam no enunciado eram as seguintes:

- Etapa 1 - Apresentação do problema: pretende-se desenvolver um carrinho de compras portátil atendendo os seguintes requisitos:
 - Ser portátil: o usuário deve poder carregá-lo consigo durante as suas compras dispensando o uso dos carrinhos locais e de sacolinhas para retornar para casa.
 - Ser fácil de manusear – movimentação, preenchimento com compras e armazenamento do carrinho no meio de transporte e em casa.
- Etapa 2 – Individualmente, cada integrante da equipe deve desenhar esboços com as ideias relacionadas ao problema apresentado. Esta etapa deve durar 15 minutos e cada integrante deve apresentar, no mínimo, uma solução;
- Etapa 3 – Todos os esboços devem ser fixados na parede, em forma de galeria, para que o grupo possa analisar as ideias e formular verbalmente algumas propostas para o produto. Esta etapa deve durar 15 minutos;
- Etapa 4 – Discutir e avaliar se as propostas apresentadas na etapa anterior são viáveis para o desenvolvimento do produto. Para esta etapa foram fornecidos pequenos blocos de papel autoadesivos para que os participantes pudessem escrever comentários e fixá-los nas folhas dos esboços;
- Etapa 5 - Elaborar um esboço explicativo detalhado de uma solução selecionada pela equipe, de acordo com as discussões nas etapas 3 e 4, justificando a seleção.

O enunciado completo deste exercício, intitulado “Exercício sobre Galeria”, pode ser conferido no Anexo B.7.

As etapas que tinham tempo estipulado foram cronometradas pelas próprias equipes. Ou seja, as monitoras da disciplina apenas entregaram e apresentaram verbalmente os enunciados. Neste exercício, enunciados e todas as folhas utilizadas pelos alunos deveriam ser entregues. Ou seja, tanto as folhas com alternativas finais como

as que continham os esboços individuais deveriam ser entregues. Os papéis autoadesivos fornecidos às equipes deveriam permanecer fixados nas folhas quando estas seriam entregues ao final do exercício.

A análise deste método considerou, além da originalidade das soluções, o desenvolvimento das alternativas finais apresentadas. O comportamento dos alunos durante a execução da atividade, bem como a forma como as equipes utilizaram os papéis autoadesivos, também foram analisados com o objetivo de obter um parecer acerca da aplicação do método Galeria.

5.2.6 Aplicação do método *Synectics*

Para a realização desta atividade, os estudantes tiveram que desenvolver soluções para um “novo modelo de guarda-chuva”. Como ferramenta de geração de ideias, foi solicitado que a busca por soluções ocorresse por meio do método de criatividade *Synectics*. Como o exercício foi realizado durante a última aula sobre processos criativos e o conteúdo teórico a ser apresentado era menor do que nas duas aulas anteriores, esta tarde dispôs de mais tempo para a aplicação prática dos métodos de criatividade. Por este motivo os dois exercícios desta aula puderam ser realizados em sala, não havendo necessidade de solicitar aos alunos que executassem um deles como tarefa extraclasse.

O enunciado deste exercício continha uma rápida descrição sobre o tipo de analogia que deveria ser empregada para a busca de soluções:

“Nesta atividade vocês irão realizar um rápido projeto de biônica, ou biomimética, que consiste no estudo das estruturas biológicas e de suas funções para, assim, aplicar as estratégias e soluções da natureza na solução de um problema de projeto.”

Os direcionamentos que continham no enunciado para a realização do exercício eram os seguintes:

- Definir o problema: quais são os sistemas envolvidos no produto e quais serão os pontos de melhoria;
- Elaborar e listar analogias diretas:
 - a. Transformar o familiar em estranho: realizar analogias com a natureza, animais ou plantas, que possam auxiliar a resolver o problema identificado na etapa anterior;
 - b. Transformar o estranho em familiar: descrever de que maneira as analogias podem ser utilizadas para solucionar o problema.
- Selecionar as analogias que serão utilizadas para inspirar uma solução;
- Representar a alternativa desenvolvida pela equipe por meio de esboço detalhado, apresentando qual foi a analogia e como ela foi aplicada na solução.

O enunciado completo deste exercício, intitulado “Exercício sobre *Synectics*”, pode ser conferido no Anexo B.8.

Na etapa de elaborar a lista de analogias, alguns exemplos foram sugeridos para que os alunos seguissem um modelo: deveriam citar o animal ou a planta e a forma que suas características poderiam ser utilizadas como solução. Um dos exemplos foi o seguinte: “Pássaro Martim Pescador – formato do bico pode otimizar performance de trens bala”. Logo abaixo de uma lista com três exemplos foi apresentada, em forma de observação, uma execução real que se sucedeu a partir da analogia exemplificada. No caso do Martim Pescador, o formato do bico inspirou o formato de trens bala no Japão, que passaram a viajar de maneira mais silenciosa, mais rápida e mais econômica. A apresentação de exemplos reais foi citada como curiosidade com a finalidade de mostrar aos estudantes que é possível desenvolver projetos a partir da realização de analogias.

A elaboração de uma lista de analogias foi solicitada no enunciado do exercício para auxiliar os graduandos a pensarem no máximo de analogias possíveis que pudessem ser aplicadas no produto. Então, a partir de uma lista, os estudantes poderiam selecionar qual ou quais analogias poderiam ser aplicadas para o desenvolvimento de um novo modelo de guarda-chuva. Não foi solicitado um número mínimo ou máximo de analogias para esta lista.

Para a análise do método *Synectics* foi observada, além da originalidade das alternativas finais, a forma em que os alunos aplicaram as analogias: se aplicaram na forma do produto, em seu conceito ou, ainda, apenas na substituição de seu material. A quantidade de analogias encontradas e aplicadas na alternativa final também foi levada em consideração na análise dos resultados, bem como a possibilidade de os alunos terem considerado a viabilidade das soluções apresentadas.

6 Resultados e discussões

6.1 Primeira etapa

6.1.1 Resultados da Atividade inicial

O método de aplicação deste exercício pode ser verificado no capítulo 5.1.1 - Aplicação da atividade inicial.

Nas descrições dos processos (justificativas) para desenvolvimento das alternativas finais, foram observadas duas características:

- Das 22 equipes, 9 iniciaram a justificativa com a apresentação da solução final, descrevendo seus componentes e levantando os pontos positivos da solução apresentada;
- As outras 13 equipes apresentaram a tarefa conforme solicitado pelo enunciado, descrevendo o processo para a definição da alternativa relatando, inclusive, toda a discussão verbal ocorrida para a seleção e melhoria da alternativa final. Nas equipes que apresentaram o processo desta maneira, as possibilidades de solução do problema eram lançadas desde o início pelos membros da equipe, mas, ao considerar o primeiro problema em tal possibilidade, esta era descartada e a equipe partia para a busca de outra possível solução.

Ao responder à questão sobre a existência de outras alternativas possíveis, outros três perfis foram observados:

- Nove equipes iniciaram a descrição do processo de desenvolvimento apresentando a solução final, estas equipes sequer mencionaram a existência de outras possibilidades para a solução do problema;
- Onze equipes chegaram a citar outras maneiras de resolver o problema e o fizeram enquanto descreviam o processo de desenvolvimento e seleção da alternativa final. À medida que as possibilidades vinham à tona, elas eram discutidas e, em caso de algum problema ser detectado, eram descartadas;
- Apenas duas equipes de uma turma mencionaram outras possibilidades de solução após apresentação da solução final. Porém, eram citadas apenas melhorias que poderiam ser exploradas para o desenvolvimento da solução principal, como se fosse continuação do processo de projeto, mas da mesma alternativa, e não uma nova maneira de solucionar o problema.

Como esta era apenas uma questão a ser respondida no final do exercício, as equipes que comentaram a existência de outras possibilidades, mesmo relatando os

processos de duas formas distintas, cumpriram com as exigências da atividade. Porém, ficou claro que as demais possibilidades consideradas para a solução do problema não foram suficientemente trabalhadas pelas equipes. Foi observado também, no processo de busca por soluções, que apenas uma equipe apresentou mais que três soluções no total e nove equipes apresentaram apenas uma solução significando que outras alternativas para a solução do problema sequer foram consideradas. A existência de outras possibilidades de solução para o mesmo problema é conhecida pelo fato de que todas as equipes de cada turma apresentaram, juntas, um número maior de alternativas. A turma que tinha como problema de projeto o “Módulo para motorização de cadeira de rodas” apresentou no total 24 ideias para a solução do problema, sendo que as equipes apresentaram, cada uma, de 1 a 5 soluções. A turma que tinha como problema o “Módulo para motorização de bicicletas”, por sua vez, apresentou um total de 18 ideias e, separadamente, as equipes apresentaram de 1 a 3 soluções. Como cada turma estava dividida em 11 equipes, que trabalharam individualmente, não foram descartadas alternativas repetidas para compor o conjunto de alternativas totais. Consequentemente, estes números explicitam a possibilidade de existência de um número ainda maior de possibilidades que poderiam ter sido consideradas pelas equipes.

Conforme comentado pelos próprios alunos, à medida que as ideias para a solução do problema surgiam, elas eram discutidas e avaliadas segundo sua viabilidade. Em outras palavras, os próprios graduandos evidenciaram que a avaliação das alternativas ocorreu simultaneamente à fase de geração de ideias. Esta atitude por parte dos alunos pode ter ocorrido justamente pelo pensamento lógico bem desenvolvido, que é tão valorizado na educação formal e, principalmente, nos cursos de áreas técnicas. A tentativa de validar cada etapa do desenvolvimento de uma ideia que vem à tona ocorre pela tentativa de garantir que ao final do processo se obtenha uma solução viável e que isso ocorra no menor tempo possível, ou seja, evitando “perder tempo” com alternativas que posteriormente podem ser consideradas inviáveis do ponto de vista construtivo.

O processo de validação etapa-a-etapa de uma ideia é definido por De Bono (1986) como pensamento lógico, linear, vertical ou convergente. Este tipo de pensamento ocorre pela tentativa do cérebro de otimizar o processo de solução de problemas ao descartar possibilidades inviáveis à medida em que elas surgem. Porém, se a crítica às ideias ocorre na mesma etapa em que elas são concebidas, o processo criativo de toda a equipe pode ser comprometido, causando não só uma redução no número de ideias, mas, também, prejudicando a obtenção de soluções inéditas e inovadoras para o problema. A existência de um grande número de ideias e, inclusive, ideias inviáveis, é importante para o processo de geração de soluções, sendo defendida por autores como Osborn (1975). O autor ainda ressalta a importância de ideias inviáveis ou, até mesmo, ideias consideradas “absurdas”, porque, por mais extrema que seja, uma ideia pode ser melhorada ou combinada com outras, podendo resultar em uma solução melhor que todas as outras. A ocorrência de avaliação de ideias de forma simultânea à fase de geração pode também provocar a inibição dos integrantes da

equipe, comprometendo a expressão de ideias. Portanto, o desconhecimento por parte dos alunos da necessidade de separação das fases de geração e avaliação de alternativas pode ter sido um fator que comprometeu a criatividade das equipes.

Um fato relevante a ser ressaltado sobre a primeira etapa do estudo é que, além dos estudantes não terem assistido às aulas sobre os processos criativos, eles tinham assistido apenas à primeira aula da disciplina, isto é, no momento da realização do exercício ainda não havia sido apresentado o conteúdo sobre a metodologia de projeto. Portanto, a necessidade de se explorar um grande número possível de soluções, juntamente com maneiras de se compreender o problema e buscar novas ideias, dificilmente foram consideradas pelas equipes no desenvolvimento da solução final.

Ainda sobre ensino da metodologia que ocorreu nas aulas que antecederam a realização da segunda etapa do estudo, ao se comparar os resultados obtidos pelos alunos desta primeira etapa com os resultados da segunda etapa, não se pode considerar apenas o ensino dos processos criativos. O ensino do processo de projeto ocorrido durante as primeiras aulas da disciplina, até a primeira aula sobre criatividade, possivelmente interferiu nos resultados dos exercícios. Isto pode ter ocorrido porque o ensino da metodologia adotada e a importância da execução de cada etapa para o resultado final do projeto pode estimular os estudantes a pensarem nas questões abordadas em cada etapa do processo. Apesar deste ser um fator positivo para os graduandos, por estarem aprendendo a praticar o processo de projeto ao considerar as questões que um bom projeto compreende, não se pode dizer que este trabalho analisa apenas o resultado do ensino dos processos criativos, e sim, também da metodologia de projeto.

Contudo, considerando a ausência do entendimento das etapas da metodologia de projeto, incluindo as ferramentas e métodos para a geração de alternativas, era de se esperar que os resultados desta fase do estudo, ou seja, os procedimentos relatados pelos alunos, não contemplassem os procedimentos recomendados pela metodologia de projeto.

6.2 Segunda etapa

Na realização da segunda etapa deste estudo as equipes tiveram que propor soluções para os problemas de projeto apresentados, mas, desta vez, com a utilização dos métodos de criatividade.

Conforme apresentado na Figura 5, nesta segunda etapa do estudo foram trabalhados os métodos Brainstorming, 6.3.5, Quadro Morfológico, Inversão, Galeria e *Synectics*, sendo que foram necessários 3 encontros com cada uma das turmas para a aplicação de todos eles. A aplicação de cada um dos métodos de criatividade está descrita na mesma sequência temporal em que foram realizados os exercícios com os alunos.

6.2.1 Resultados do método Brainstorming

O método de aplicação deste exercício foi apresentado no capítulo 5.2.1 – Aplicação do método Brainstorming.

Após a aplicação do exercício, as listas de ideias geradas foram contabilizadas. Para solucionar o problema “o que fazer com garrafas PET usadas” as 22 equipes obtiveram um total de 2.825 ideias. Segundo a classificação dos próprios alunos quanto à viabilidade destas ideias, 1.292 (46%) foram consideradas viáveis, 795 (28%) promissoras e 738 (26%) absurdas. A proporção de ideias viáveis, promissoras ou absurdas, em relação ao número total de ideias, está representada em gráfico na Figura 8.

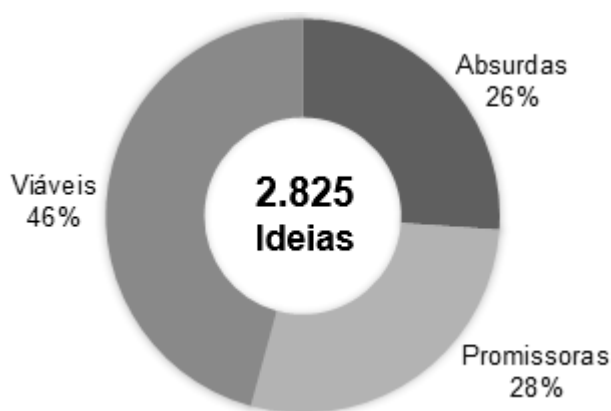


Figura 8 - Proporção de ideias viáveis, promissoras e absurdas.

Ao verificar o gráfico ilustrado na Figura 8 fica evidente que, de fato, os estudantes possuem certa propensão à obtenção de ideias viáveis durante uma sessão de geração de ideias, mesmo quando o foco era na quantidade e não na qualidade delas. Foi observado também que, mesmo com a ênfase de que críticas fossem proibidas e que a avaliação das ideias deveria ocorrer em momento distinto da fase de criação, os alunos faziam comentários sobre as ideias que eram levantadas no grupo, ao mesmo tempo em que as listavam.

Além disso, analisando as folhas de exercícios, foi possível notar que as ideias absurdas iam surgindo com maior frequência ao fim da lista de ideias, denotando que as equipes tendiam a listar primeiramente e em maioria as ideias viáveis. Apesar de todas as listas de ideias possuírem ideias viáveis, promissoras e absurdas em toda sua extensão, foi percebido que as ideias absurdas começaram a surgir com maior frequência quando a equipe já havia despendido a maioria das soluções viáveis possíveis.

Outro fato relevante que foi descoberto ao averiguar as listas de soluções elaboradas pelos estudantes foi que, na parte das listas em que foram listadas as ideias dos últimos cinco minutos da sessão, isto é, quando os alunos foram orientados a listar

“apenas ideias absurdas”, nem todas as ideias citadas ali foram posteriormente classificadas como “absurdas”. Foi verificado que, nesta parte final da lista, onde estariam apenas ideias consideradas absurdas, as equipes ainda obtiveram uma média de duas ideias promissoras e duas viáveis, para cada equipe. Esta média foi calculada apenas para as equipes que, de fato, utilizaram os últimos cinco minutos para a criação de ideias absurdas, que foram 16 equipes. As outras 6 equipes continuaram o processo de criação buscando ideias de todos os graus de viabilidade, fato que foi percebido pela escassez de ideias absurdas no final de suas listas.

Apesar de 16 equipes buscarem, de fato, gerar apenas ideias absurdas nos últimos cinco minutos, e que todas estas equipes obtiveram algumas ideias promissoras e viáveis nestes últimos minutos, apenas uma equipe acabou selecionando uma ideia desta lista final para compor as três soluções solicitadas pelo exercício. Ou seja, apenas uma equipe considerou que a geração de “apenas ideias absurdas” resultou em uma das três soluções mais originais para o problema proposto. Ou seja, se o objetivo do exercício era obter três soluções originais, e a maioria das equipes acabou não utilizando as ideias destes últimos cinco minutos, é possível concluir que pode ser dispensável este tempo destinado apenas à obtenção de ideias absurdas.

O método de criatividade Brainstorming tem se mostrado uma ferramenta de criatividade interessante por estimular os alunos a desenvolverem o pensamento lateral ao aumentar o número de ideias para solucionar um problema, sem considerar a viabilidade das ideias. Porém, considerando a comparação de seus resultados com os resultados de outras ferramentas, identifica-se a possibilidade de intercalar sua aplicação prática com a de outros métodos de criatividade intuitivos, em caso de não haver tempo disponível para a aplicação de todas as ferramentas abordadas neste trabalho.

6.2.2 Resultados do método 6.3.5.

O método de aplicação do exercício sobre o método 6.3.5 pode ser verificado no capítulo 5.2.2 – Aplicação do método 6.3.5.

Na semana seguinte à entrega dos enunciados aos alunos, os exercícios foram devolvidos devidamente executados, com os formulários preenchidos e os esboços das três soluções apresentados.

Das 22 equipes que realizaram o exercício, apenas duas delas não apresentaram as três soluções em forma de produto. Estas duas equipes apresentaram apenas funções secundárias, subfunções ou, até mesmo, requisitos do que um novo produto com o tema proposto deveria contemplar, sem definir qual seria a proposta da máquina. Porém, mesmo não apresentando alternativas de produtos ligeiramente desenvolvidos para o problema de projeto, estas duas equipes buscaram esboçar as três “soluções” selecionadas para o produto.

A Figura 9 mostra o resultado do exercício de uma destas duas equipes, sendo que a equipe selecionada para representar este caso foi a que apresentou maior clareza

nos esboços. Os esboços em questão, assim como todos os esboços apresentados para exemplificar o resultado dos exercícios, foram escaneados e corrigidos digitalmente para sua melhor visualização. Para isso, apenas as setas e textos tiveram de ser refeitos digitalmente.

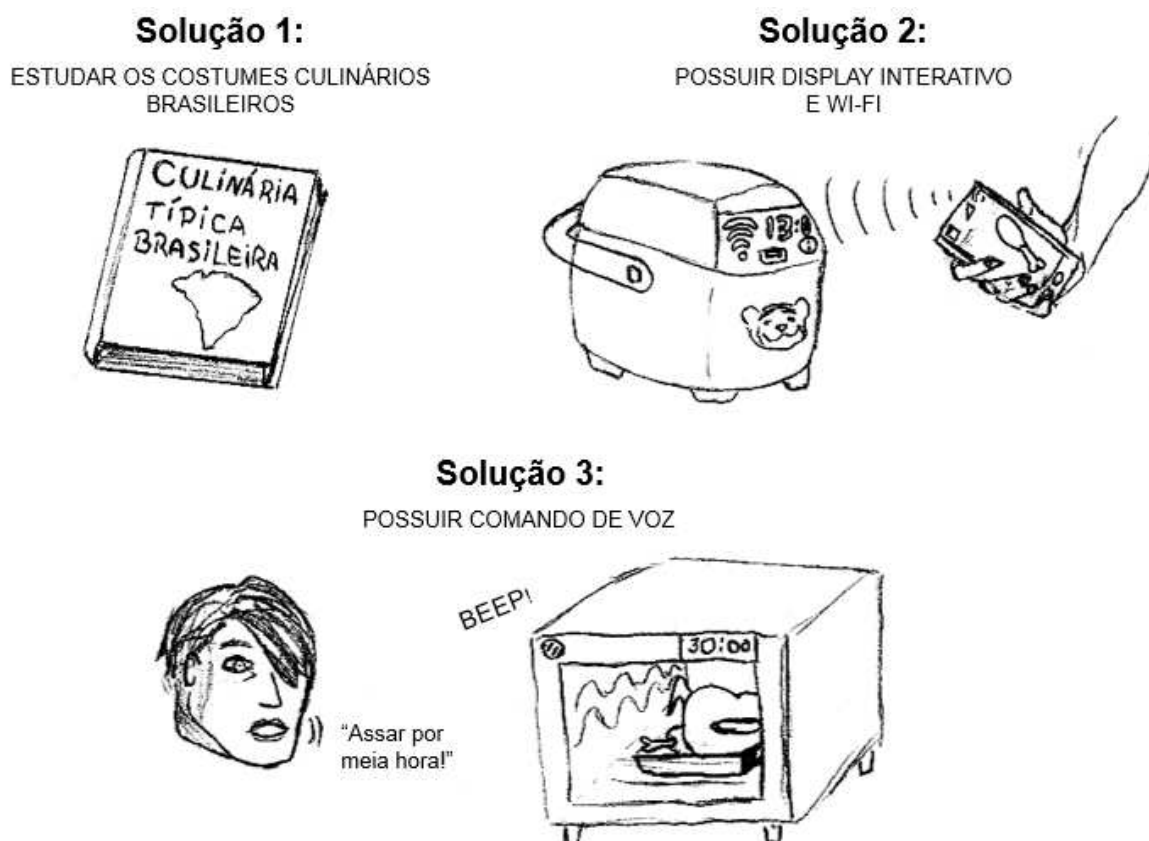


Figura 9 - Exemplo de resultado do Método 6.3.5 de equipe que apresentou requisitos, funções secundárias ou subfunções para uma “máquina doméstica automatizada para fazer alimentos”.

Autores: Estudantes da Equipe Roxa da Turma B.

Quanto a forma em que as equipes decidiram apresentar as três soluções, se eram três alternativas para uma mesma proposta de máquina para fazer alimentos ou, se eram três máquinas diferentes, a maioria das equipes optou pela primeira opção. Das 22 equipes, 19 equipes apresentaram soluções para três propostas de produtos diferentes, sendo um esboço para cada uma das máquinas propostas. Apenas uma das equipes apresentou três variações para uma mesma proposta de produto. As outras 2 equipes foram as que apresentaram apenas funções ou requisitos. A Figura 10 exemplifica o resultado de uma das equipes que apresentou os esboços mais explicativos e com conceitos mais diferentes uns dos outros. Ou seja, os esboços revelam 3 propostas diferentes para o tema de projeto apresentado, sendo uma alternativa para cada proposta.

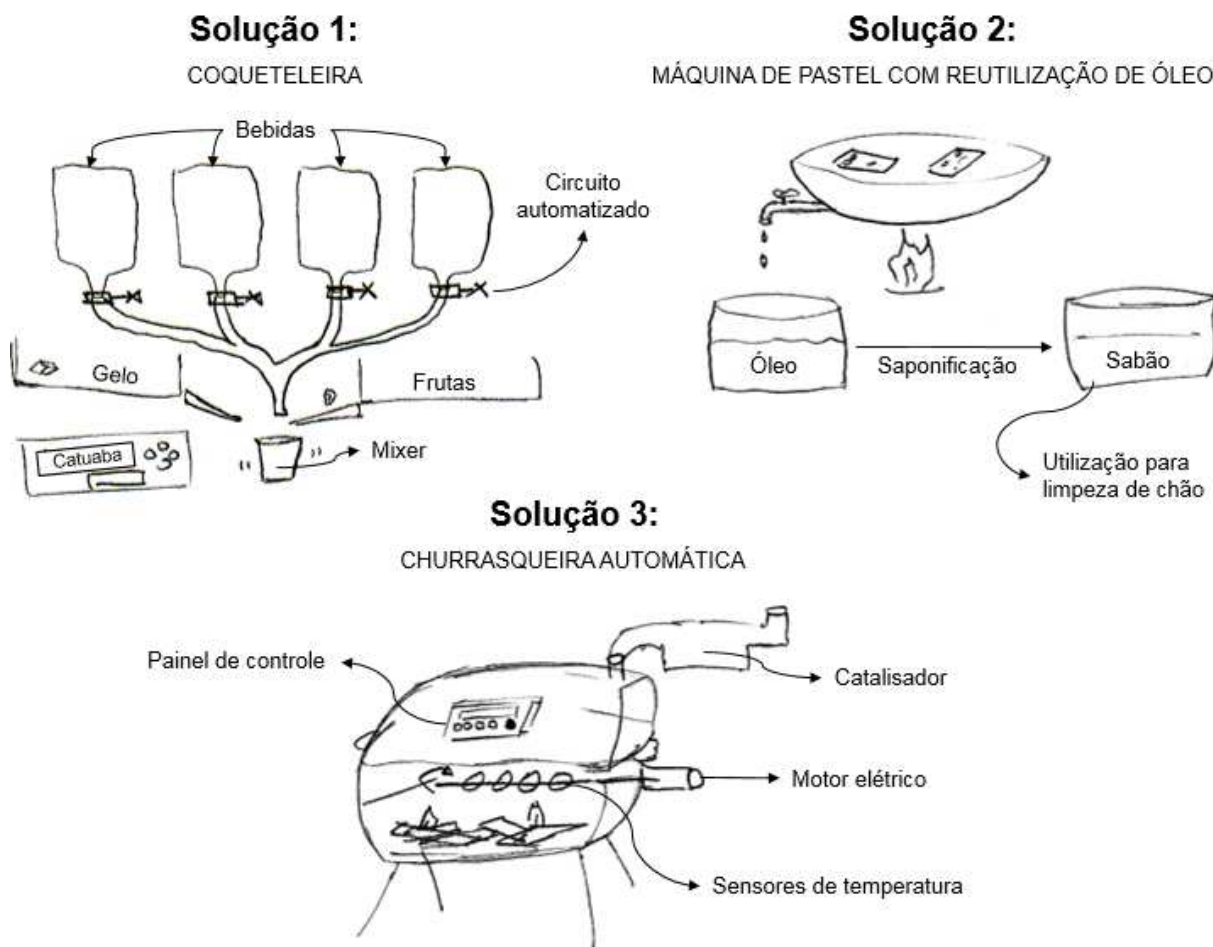


Figura 10 - Exemplo de soluções finais resultantes do Método 6.3.5, para uma máquina doméstica automatizada para fazer alimentos.

Autores: Estudantes da Equipe Azul da Turma A.

Após analisar os resultados deste exercício, ficou claro que as ideias resultantes deste método são mais desenvolvidas do que as resultantes do Brainstorming. Isto pode ocorrer porque, ao receber um formulário parcialmente preenchido no início de cada rodada, os participantes podem decidir entre gerar uma nova ideia ou trabalhar com uma das ideias apresentadas. Neste caso, quando o participante não tem uma ideia nova a oferecer, pode se inspirar em uma das ideias já apresentadas para tentar melhorá-la mediante seu aprofundamento, sua recorrência ou, ainda, a inversão desta ideia, gerando, possivelmente, alternativas melhoradas em relação às primeiras que surgiram.

Outro aspecto analisado na observação dos resultados dos exercícios foi a maneira que as equipes utilizaram os formulários para obtenção das alternativas que solucionassem o problema de projeto. A maioria das equipes utilizou os formulários para a geração de funções secundárias, subfunções ou requisitos para um novo produto. Das 22 equipes, 10 preencheram os formulários predominantemente com requisitos e

subfunções para uma máquina doméstica para fazer alimentos. Duas destas 10 equipes foram as que apresentaram apenas funções no final no exercício, não indicando, entre as três soluções finais, alternativas de produto para o tema proposto. Das 12 equipes restantes, 6 delas preencheram os formulários predominantemente com ideias de conceitos de produtos para o problema de projeto. Por fim, as 6 equipes restantes preencheram os formulários de maneira equilibrada entre novas ideias de máquinas e funções secundárias/subfunções/requisitos para uma máquina, sem especificar qual seria o projeto.

A observação da maneira em que os formulários foram utilizados pelas equipes revelou um uso inusitado para o método 6.3.5: a ferramenta pode ser útil para a geração de subfunções para novos produtos. O emprego deste método para a busca de funções pode ser útil para o desenvolvimento de produtos que apresentem características diferenciais em relação à produtos já existentes no mercado. Esta hipótese pode ser verificada principalmente pelo fato de os alunos estarem trabalhando, neste exercício, com um produto que seria hipoteticamente desenvolvido desde seu início, e não com uma melhoria de algum produto existente.

Portanto, o 6.3.5 se mostrou útil como um método intuitivo de criatividade, tanto pela geração de ideias ligeiramente desenvolvidas, quanto na promoção de ideias para a criação de projetos originais em relação aos existentes no mercado. Porém, ainda assim, as alternativas resultantes de sua aplicação não possuíram seus conceitos e estrutura do sistema suficientemente desenvolvidos para que seja possível dar continuidade ao projeto. Para as alternativas resultantes do método serem melhor exploradas, seria interessante a posterior aplicação de alguma outra ferramenta para desenvolvimento e seleção das ideias, podendo ser algum outro método intuitivo, sistemático ou, ainda, um orientado, como o TRIZ, por exemplo.

6.2.3 Resultados do método Quadro Morfológico

O método de aplicação deste exercício está relatado no capítulo 5.2.3 – Aplicação do método Quadro Morfológico.

Após a aplicação do exercício, os resultados obtidos pelas equipes foram avaliados em função do passo-a-passo solicitado no enunciado. Das 22 equipes, todas elas obtiveram nota máxima nos critérios referentes ao preenchimento do Quadro Morfológico: desde a listagem das funções e parâmetros até a combinação das soluções parciais para obtenção das três alternativas finais para o problema de projeto. As equipes que não obtiveram nota máxima neste exercício realizaram apenas a última etapa de forma insuficiente: estas equipes não detalharam adequadamente os esboços das alternativas selecionadas. Como este critério não é exclusivo da execução desta ferramenta, ele não foi utilizado para análise dos resultados dos exercícios.

Um ponto relevante que foi percebido a partir dos resultados de ambas as turmas foi a falta de diferenciação entre as alternativas propostas por todas equipes. Inclusive, esta diferenciação foi sequer percebida entre a turma A e a turma B. Esta questão foi levantada porque a turma A teve seu primeiro contato com o problema de projeto neste exercício, enquanto que a turma B já havia trabalhado com este tema na primeira etapa deste estudo.

Conforme citado na seção 5.1, houve uma variação do problema de projeto entre o exercício da primeira etapa do estudo e o exercício sobre Quadro Morfológico. Esta variação para apenas uma das turmas foi feita porque acreditava-se que a turma que já havia trabalhado com o tema em momento anterior à aplicação deste exercício apresentaria resultados mais criativos ou, no mínimo, melhor desenvolvidos do que a turma que teve contato com o tema pela primeira vez. Porém, ao analisar as alternativas resultantes dos Quadros Morfológicos de ambas as turmas, não foi percebida grandes variações entre as alternativas propostas.

Todas as equipes preencheram os Quadros Morfológicos com soluções parciais conforme foi solicitado no enunciado do exercício: no mínimo 7 funções ou parâmetros e 6 a 8 soluções parciais para cada um deles. As alternativas finais selecionadas e representadas pelas equipes foram resultantes das configurações exploradas pelos alunos. Toda as equipes também realizaram as três combinações para composição das soluções finais. Nenhuma das equipes preencheu o Quadro Morfológico de maneira insuficiente. Mas, apesar de todas elas realizarem adequadamente as três configurações resultantes do quadro, apenas uma equipe de cada turma apresentou alternativas originais, ou seja, soluções realmente distintas uma das outras e do restante da turma. Ou seja, de 22 equipes, apenas 2 apresentaram soluções originais.

O critério utilizado para definir quais foram as soluções originais resultantes dos exercício dos alunos foi estabelecido utilizando a definição de Barron (1955) acerca da originalidade: a existência de soluções incomuns, infrequentes e que se destacaram da amostra. Ou seja, equipes que apresentaram alternativas distintas entre elas, mas, principalmente, soluções que se distinguiram das propostas pelas outras equipes.

A fim de exemplificar o resultado deste exercício e, ainda, revelar as alternativas de uma das equipes que se destacou pela originalidade das soluções, está sendo mostrada na Figura 11 as três soluções propostas por uma das duas equipes que apresentaram soluções originais. As soluções desta equipe foram selecionadas em detrimento da outra, que também havia apresentado soluções originais, pelo fato de os esboços estarem mais claros e detalhados. Os esboços apresentados foram escaneados dos exercícios da equipe e tiveram apenas as setas e as explicações refeitas digitalmente.

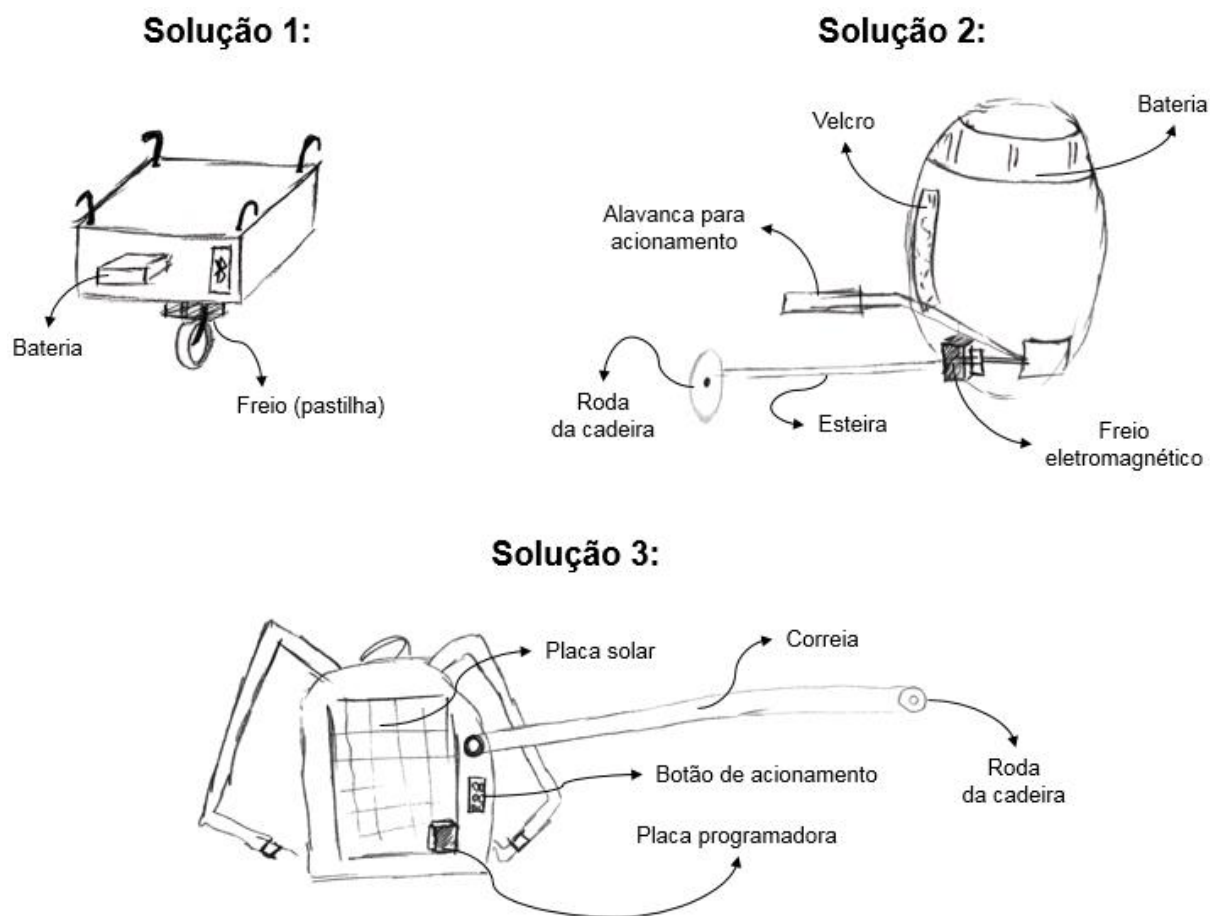


Figura 11 - Exemplo de soluções finais para “módulo para motorização para cadeira de rodas” resultantes do Quadro Morfológico.

Autores: Estudantes da Equipe Marrom da Turma B.

As outras 20 equipes também apresentaram, cada uma, 3 soluções resultantes do Quadro Morfológico. Porém, apesar da maioria das soluções aparentar ser viável do ponto de vista técnico e funcional, nenhuma destas equipes apresentou alternativas que se destacaram por sua originalidade.

Portanto, como a maioria das equipes apresentou alternativas muito similares entre si, aparentemente o método do Quadro Morfológico seja melhor aproveitado se utilizado em conjunto com alguma outra ferramenta de criatividade no processo de expansão de soluções. Afirmando a recomendação de Pahl et al. (2007), esta ferramenta é útil para a sistematização de combinação de soluções, e não apenas como um método de criatividade a ser utilizado de forma isolada. Ou seja, a análise deste exercício fortalece a visão de que é importante fazer uso da aplicação combinada de métodos intuitivos com métodos sistemáticos para a geração de soluções na metodologia de projeto.

6.2.4 Resultados do método Inversão

O método de aplicação deste exercício pode ser verificado no capítulo 5.2.4 – Aplicação do método Inversão.

A maioria das equipes realizaram toda a atividade proposta. De 22 equipes, apenas três não realizaram todas as etapas solicitadas: uma equipe não listou as funções e parâmetros, outra não esboçou as alternativas finais e, por fim, a terceira não descreveu nem apresentou explicação nos esboços finais. Porém, a respeito do preenchimento do quadro, etapa a partir da qual foi realizada a análise deste exercício, todas das 22 equipes realizaram o preenchimento conforme solicitado: algumas equipes utilizaram esboços, outras utilizaram apenas texto para citar as variações possíveis e, ainda, algumas alternaram entre esboços e texto para preencher o quadro, usando um ou outro dependendo da forma que julgavam mais fácil representar.

Em geral, as equipes exploraram bastante as possibilidades de variação da churrasqueira doméstica. O oferecimento de um quadro pronto com sugestões de variações, apenas para as equipes preencherem com as alternativas, claramente auxiliou os alunos a considerar diversas variações de maneira sistemática. Ao observar os quadros preenchidos pelas equipes, foi possível notar que todas as variações sugeridas (modifique, elimine etc.) foram exploradas por todas as equipes, mesmo que minimamente. Em todos os quadros foi verificado que nenhuma linha foi deixada em branco. A Figura 12 exemplifica um quadro do exercício preenchido por uma das 22 equipes.






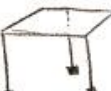





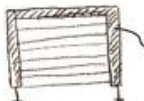

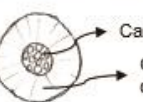
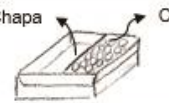





Etapas	Apresentação das ideias			
Modifique	 Pés com regulagem de altura	 Aumento da largura da grelha	 Aumento da quantidade de espetos	 3 prateleiras para as grelhas
Elimine	 Eliminação dos rasgos	 Eliminação de um apoio		
Substitua	 Substituição de cantos vivos por arredondados	 Substituição do material por um resistente à oxidação e impactos	 Material refratário no suporte da base	
Combine	 Eletroímã (sustentação, desempenho, ajuste de altura)	 Rádio embutido	 Grelha com luzes de LED na parte inferior	
Rearranje	 Maior número de espetos e grelhas	 Carvão Grelhas para colocar carnes		
Adapte	 Chapa Carvão	 Rodas off-road	 Dobradiça para retirar os apoios	 Tampa
Inverta	 Correntes para prender no teto	 Compartimentos laterais para carvão		

Figura 12 – Exemplo de Quadro de Inversão para uma “churrasqueira doméstica” preenchido por uma das equipes.

Autores: Estudantes da Equipe Cinza da Turma A.

Como pode-se perceber, a equipe em questão optou por representar todas as variações por meio de esboços. O quadro e as soluções finais apresentadas por esta equipe foram selecionados para representar este exercício porque, além da equipe ter apresentado o quadro de Inversão com uma variedade de esboços que ficaram bem claros, esta foi uma das que apresentou soluções finais mais originais dentre todas as equipes. As três soluções apresentadas por esta equipe podem ser visualizadas na Figura 13.

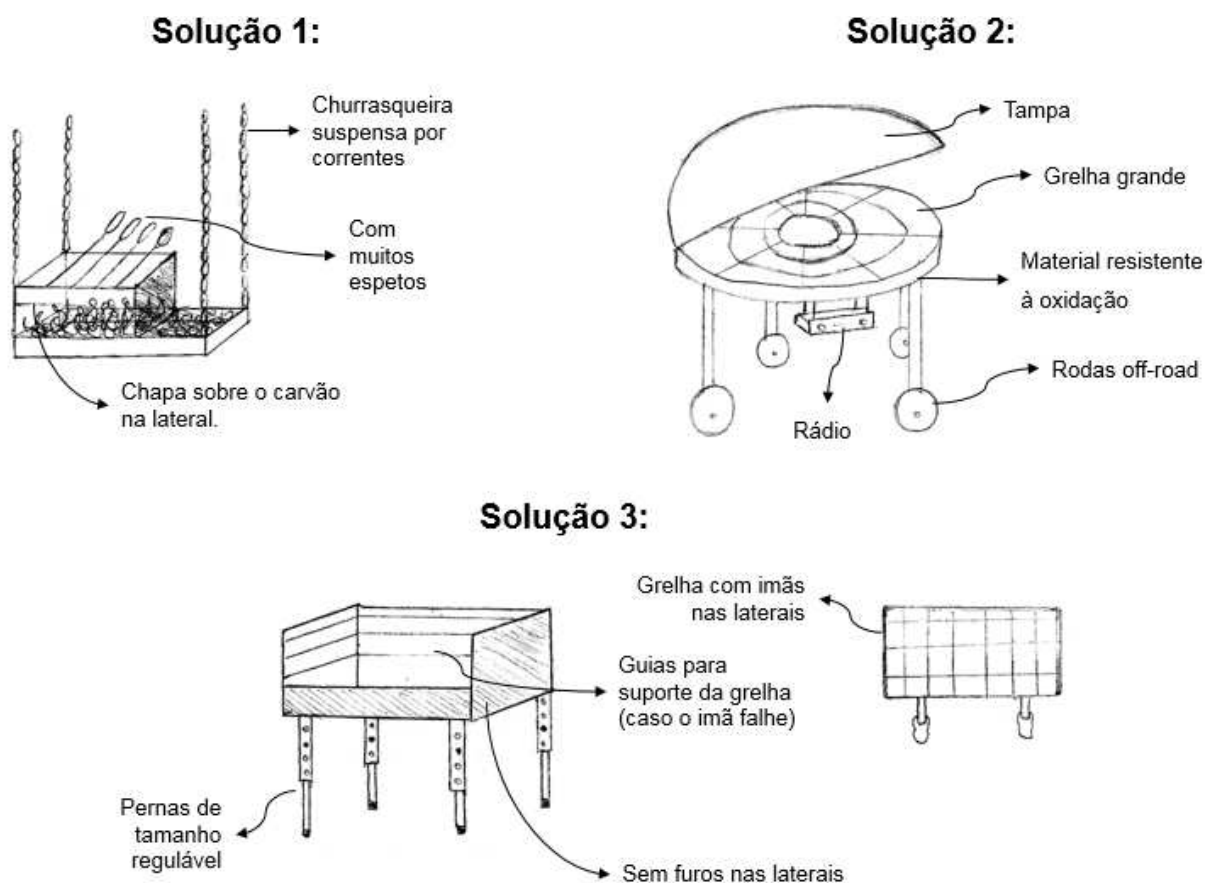


Figura 13 - Exemplo de soluções finais para uma churrasqueira doméstica desenvolvidas a partir do método da Inversão.

Autores: Estudantes da Equipe Cinza da Turma A.

Um ponto relevante a ser exposto a partir da observação dos 22 exercícios foi que uma das equipes utilizou, além do método da Inversão, um Quadro Morfológico para a obtenção das alternativas. A equipe em questão foi uma das que não utilizou esboços para preencher o quadro de Inversão, representando as possibilidades de variações apenas na forma de texto. Uma versão adaptada deste Quadro de Inversão pode ser verificada na Figura 14. O quadro, que foi entregue preenchido à mão, foi apenas transcrito para melhor visualização, não tendo seu conteúdo alterado.

Etapas	Apresentação das ideias
Modifique	Aumentar a altura dos apoios / Mudar material da estrutura e grelha
Elimine	Eliminar a necessidade de carvão / Eliminar os apoios
Substitua	Apoios fixos por apoios ajustáveis / Material frágil por material mais rígido
Combine	Material que seja resistente e de fácil limpeza / Energia de fácil acendimento que não gere fumaça / Estrutura com escoamento de fumaça
Rearranje	Número de Apoios
Adapte	Forma
Inverta	Direção do fluxo de calor lateral / Usar para esfriar / Sentido do fluxo de calor de cima para baixo

Figura 14 - Quadro de Inversão preenchido pela equipe que posteriormente utilizou outra ferramenta de criatividade.

Autores: Estudantes da Equipe Azul da Turma B.

Para o Quadro Morfológico, a equipe utilizou as alterações levantadas no Quadro da Inversão para compor a coluna de parâmetros. Então, a equipe preencheu o Quadro Morfológico com uma variedade de soluções parciais, também por meio de texto. O Quadro Morfológico apresentado por esta equipe pode ser conferido na Figura 15 que, assim como o Quadro de Inversão apresentado pela mesma equipe, teve seu conteúdo transcrito para melhor legibilidade.

Parâmetros	Soluções Parciais					
Material	Aço Carbono	Alumínio	Aço Inox	Ferro Fundido	Cerâmica	Titânio
Fonte de energia	Carvão mineral	Carvão vegetal	Gás de cozinha	Elettricidade	Lenha	Etanol
Altura	0,25m	0,50m	0,75m	1,0m	1,25m	Maior que 1,25m
Tamanho da área da grelha	115cm ²	150cm ²	200cm ²	300cm ²	700cm ²	1m ²
Formato/ Design	Grelha triangular	Grelha circular	Grelha retangular	Cápsula oval	Cilindro	Tanque cúbico
Apoio	Tripé	4 pernas anguladas	4 pernas com travamento	Rodinha com trava	Estrutura apoiada diretamente no chão	Parafusada na parede

Figura 15 - Quadro Morfológico para uma “churrasqueira doméstica” preenchido a partir do Quadro de Inversão.

Autores: Estudantes da Equipe Azul da Turma B.

As alternativas finais apresentadas por esta equipe, que utilizou uma ferramenta adicional para geração de alternativas, podem ser conferidas na Figura 16.

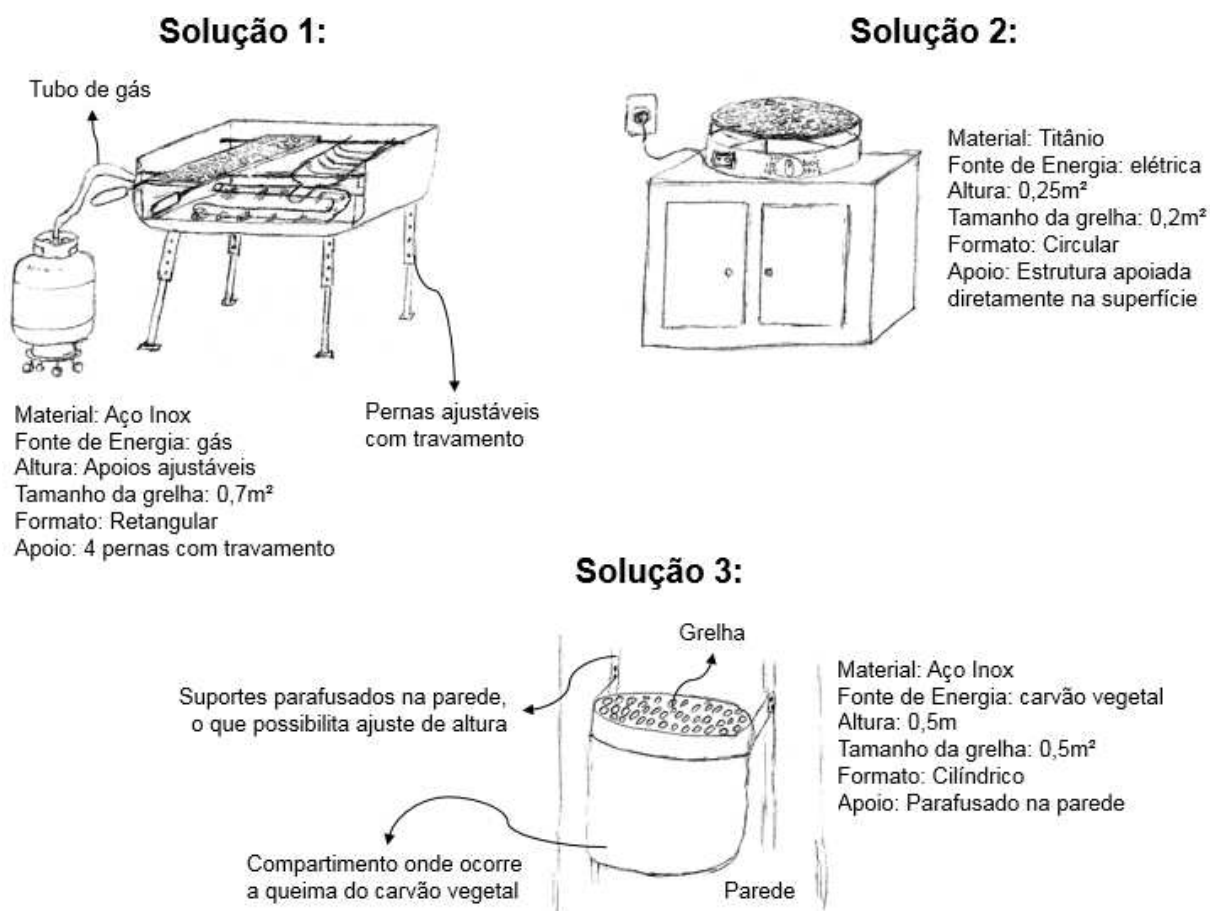


Figura 16 - Soluções para churrasqueira doméstica apresentadas por equipe que utilizou os métodos Inversão e Quadro Morfológico.

Autores: Estudantes da Equipe Azul da Turma B.

Como pode ser verificado, a equipe que utilizou o Quadro Morfológico apresentou alternativas bem desenvolvidas, inclusive, mais que o resultado da primeira equipe selecionada. Porém, além de serem distintas entre si, as alternativas foram consideradas originais em relação às outras equipes. Apesar do grau de desenvolvimento das alternativas ter sido superior para esta segunda equipe, o grau de originalidade das soluções finais foi similar para ambas as equipes.

Apesar da equipe que incluiu o Quadro Morfológico no processo de geração de alternativas ter apresentando alternativas bem desenvolvidas, percebeu-se que o preenchimento do Quadro de Inversão não foi realizado explorando todo o seu potencial. A equipe em questão basicamente utilizou o método da Inversão para gerar parâmetros para a segunda ferramenta. A maneira pela qual a equipe apresentou as soluções parciais no Quadro Morfológico, apenas variando os parâmetros, possibilitaria com que fossem apresentadas da mesma forma diretamente no Quadro de Inversão. Ou

seja, apesar de que possivelmente a equipe acreditar que a utilização de uma ferramenta adicional complementar a realização do exercício, o uso do Quadro Morfológico claramente seria dispensável, uma vez que as alternativas finais da equipe ficaram similares, em nível de originalidade, às equipes que apenas se concentraram em explorar ao máximo as alternativas fazendo uso da ferramenta Inversão.

Embora a utilização do Quadro Morfológico tenha sido dispensável da maneira que a equipe utilizou para variar um produto específico, não se deve descartar sua utilização como método complementar para a obtenção de soluções. O Quadro Morfológico pode auxiliar a equipe de projeto a considerar as soluções já existentes para as funções e parâmetros, além de auxiliar na busca de novas soluções parciais para os parâmetros de projeto. Ou seja, a utilização do Quadro Morfológico apenas para organizar as soluções não é necessária, uma vez que podem ser encontradas diretamente por meio do método da Inversão. Da forma que foi utilizado pela equipe, tanto o Quadro Morfológico como o de Inversão não foram totalmente explorados.

Alguns outros levantamentos podem ser pronunciados a respeito da aplicação da ferramenta por parte dos alunos. Uma diferenciação na maneira com que as equipes utilizaram o método da Inversão foi percebida ao observar os exercícios das 22 equipes. Enquanto 4 equipes utilizaram a ferramenta apenas para variar a configuração física do produto, por exemplo, número de pés, formato dos componentes e proporções da churrasqueira, 18 das 22 equipes buscaram realizar alterações mais significativas para o produto. Essas alterações mais complexas incluíam características como material de partes do produto, fonte de energia da churrasqueira e, ainda, adição de funções secundárias como, por exemplo, rádio ou movimentação automática dos espetos.

Analisando as soluções finais das equipes que trabalharam com o método da Inversão dessas duas maneiras, alterando apenas a forma ou buscando alterações mais complexas, foi observado que houve diferença no nível de variação e desenvolvimento das alternativas finais. As equipes que mais exploraram as possibilidades da ferramenta foram as que a utilizaram para alterar conceitos do produto, e não apenas sua configuração física. As equipes que tentaram alterar conceitos, funções e características mais complexas do produto em geral apresentaram alternativas mais distintas entre si, diferentes do produto original, e originais em relação aos resultados das outras equipes.

Este melhor desenvolvimento pode ter sido ocasionado pela possibilidade destas equipes terem explorado mais os conceitos de variação do método da Inversão, em relação às equipes que apenas sugeriram alterações na configuração física do produto. Neste caso, é importante ressaltar que a diferenciação demasiada das soluções finais em relação ao produto inicial pode acabar gerando novos produtos, não podendo mais serem considerados apenas melhorias. Porém, como o objetivo destes exercícios foi fazer com que os estudantes desenvolvessem suas habilidades criativas, isto é, sua ca-

pacidade de criar produtos originais, o fato das equipes apresentarem soluções realmente distintas o torna um resultado positivo tanto para comprovar a eficácia da ferramenta quanto para o desenvolvimento da criatividade dentre os alunos.

De maneira geral, considerando a utilização da ferramenta de Inversão pelas equipes, conclui-se que a ferramenta é efetiva ao respaldar uma equipe na busca de soluções para um problema de projeto. Pode-se considerar, também, que o uso dos conceitos da ferramenta “MESCRAI” (Modifique, Elimine, Substitua, Combine, Rearranje, Adapte e Inverta) pode ser complementar na aplicação de outras ferramentas para geração de alternativas. Os conceitos do método para variação de uma solução podem servir como ponto de partida para o desenvolvimento de alternativas, promovendo uma diversidade de soluções. As variações do método Inversão podem, portanto, ser incluídas para aplicação prática sempre que a disciplina for ministrada, mesmo que a ferramenta em si não seja aplicada como exercício. A utilização dos conceitos do MESCRAI pode garantir à equipe que uma infinidade de variações seja considerada, ou seja, que nenhuma possibilidade de solucionar o problema de projeto seja ignorada.

6.2.5 Resultados do método Galeria

O método de aplicação do método Galeria está apresentado no capítulo 5.2.5 – Aplicação do método Galeria.

Passado o tempo decorrido para a aplicação do método da Galeria, as equipes entregaram os exercícios resolvidos com esboços das soluções finais e todos os esboços individuais. Os papéis autoadesivos com comentários feitos durante a etapa de discussão e avaliação (Etapa 4) permaneceram nas folhas com os esboços que foram entregues.

Os resultados finais apresentados no final deste exercício revelaram soluções criativas e predominantemente bem desenvolvidas do ponto de vista formal e funcional. Das 22 equipes, apenas 5 não obtiveram nota máxima no exercício e o motivo foi apenas não terem justificado a seleção da alternativa final. Ou seja, as etapas que fazem parte do método Galeria foram executadas por todas as equipes com o devido aprimoramento. Para exemplificar o resultado da aplicação do método, a solução final apresentada por uma das equipes pode ser verificada na Figura 17.

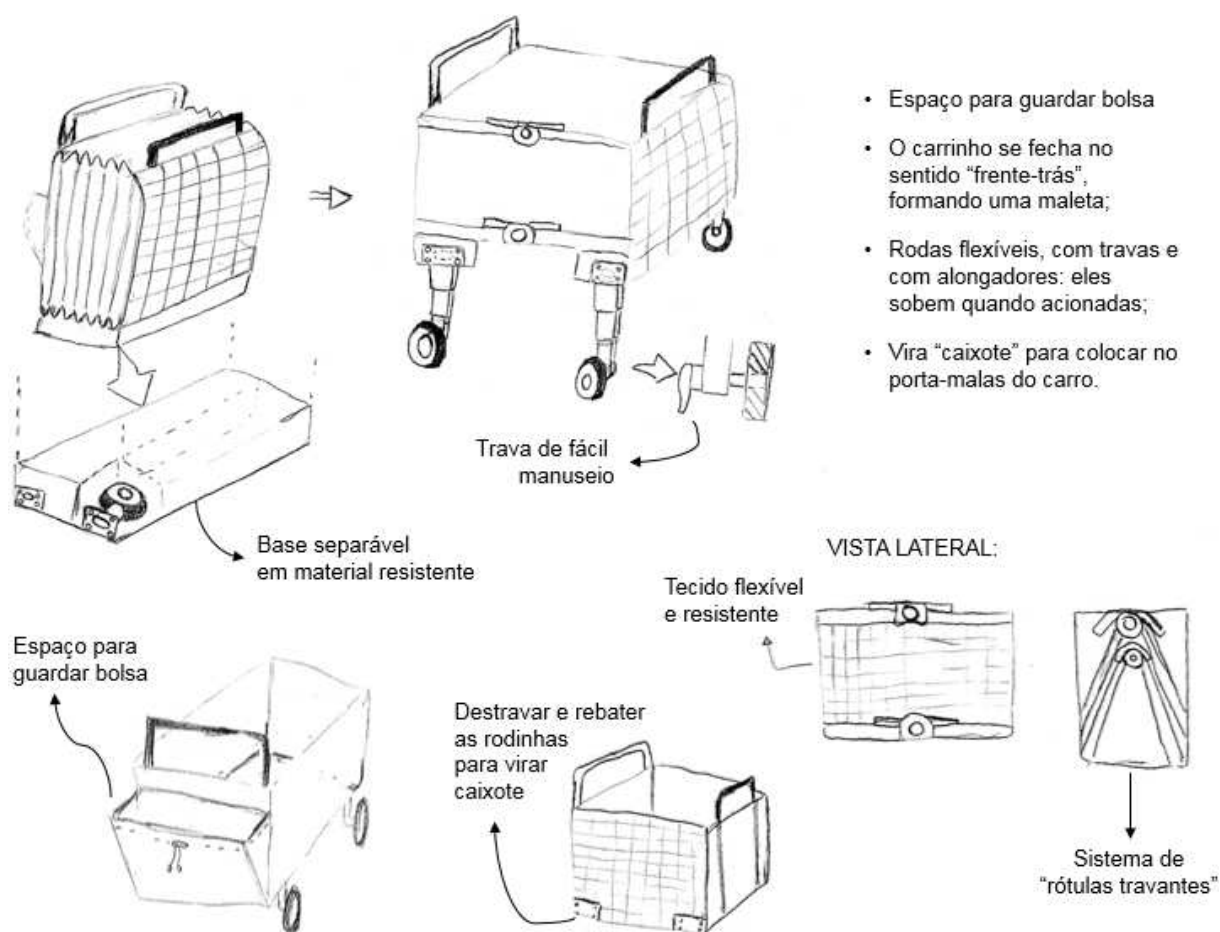


Figura 17 - Exemplo de carrinho de compras portátil resultante da aplicação do método Galeria.

Autores: Estudantes da Equipe Roxa da Turma B.

Apesar de todas as equipes apresentarem resultados bem satisfatórios no quesito originalidade e desenvolvimento das soluções, o resultado desta equipe especificamente foi selecionado graças à qualidade e clareza dos esboços. A equipe em questão não só apresentou os esboços finais bem detalhados, mas, também, se destacou por apresentar seus esboços individuais majoritariamente claros e detalhados. Uma composição dos esboços individuais pode ser visualizada na Figura 18, a qual representa a galeria das soluções apresentadas pelos integrantes da equipe: folhas distribuídas em uma composição que remete à uma galeria de arte, na frente da qual os alunos discutiam as alternativas, realizavam comentários e escreviam suas opiniões em pequenos papéis autoadesivos. Para melhor visualização das alternativas e dos comentários dos alunos, os esboços da Figura 18 estão representados separadamente no Anexo C deste trabalho.

das etapas devendo ser realizada individualmente, a ferramenta permitiu que discussões acerca das soluções ocorressem em frente à uma galeria de esboços e, após a discussão, a alternativa selecionada era desenvolvida com a contribuição de ideias de todos os membros da equipe. Inclusive, algumas equipes comentaram que o próprio desenho da solução final foi realizado por vários membros da equipe, em vez de apenas um.

A separação das etapas de formação de ideias e de análise das alternativas propostas pelo método da Galeria atende à orientação de Osborn (1975) de que a fase de geração de ideias não deve ocorrer simultaneamente à fase de avaliação das mesmas. Mesmo que para a execução deste exercício tenha sido proposta uma versão simplificada do método, em que a segunda fase de formação de ideias ocorreria juntamente com a fase de análise, os alunos tiveram à disposição uma etapa exclusiva para gerar ideias individualmente. Após a fase de formação de ideias, os estudantes poderiam analisar e discutir a viabilidade das soluções, discutindo verbalmente e realizando comentários em pequenos papéis autoadesivos e fixando-os nos esboços.

Como os papéis autoadesivos permaneceram nos esboços entregues pelos alunos, os comentários puderam ser verificados para analisar como as equipes os utilizaram. Os papéis foram usados para avaliar as alternativas, tendo em seu conteúdo comentários positivos ou negativos em relação aos esboços. Os pequenos papéis também serviram para os participantes sugerirem melhorias para as alternativas que, elaboradas individualmente, em sua maioria ainda eram pouco desenvolvidas. A utilização dos papéis para anotações, tanto para avaliação das ideias como para sugestão de melhorias, auxiliou às equipes a selecionarem as alternativas que seriam levadas adiante para o desenvolvimento. Além de descartar as alternativas que não pareceram interessante do ponto de vista da equipe, os comentários em forma de sugestões de melhoria podiam auxiliar as equipes em dar continuidade às ideias que apresentariam maior possibilidade de desenvolvimento.

A superioridade nos resultados deste exercício em relação aos outros métodos pode ter sido ocasionada por ele ter sido aplicado na última aula destinada aos processos criativos. Não descartando a importância do método da Galeria em propor soluções originais e bem desenvolvidas, existe o questionamento de se o resultado é devido somente à eficácia do método ou se também é decorrente do fato dos alunos terem desenvolvido suas habilidades criativas durante as aulas anteriores e aplicação das outras ferramentas. A alteração na ordem de aplicação dos exercícios nos próximos semestres pode auxiliar os docentes a verificarem estas hipóteses.

De qualquer forma, além do método Galeria ter promovido a geração de soluções mais bem desenvolvidas, o entrosamento dos estudantes percebido na realização desta ferramenta foi excepcional em relação à aplicação dos outros métodos de criatividade. Portanto, é sugerido que o método da Galeria seja priorizado e aplicado sempre que possível nas aulas sobre geração de soluções nas próximas turmas de metodologia de projeto.

6.2.6 Resultados do método *Synectics*

O método de aplicação desta atividade está exposto no capítulo 5.2.6 – Aplicação do método *Synectics*.

Apesar de não ter sido limitado o número mínimo de analogias que a lista deveria conter, as equipes apresentaram de 3 a 11 analogias, sendo que a maioria das listas possuíam entre 6 e 7 analogias.

As analogias aplicadas nas soluções finais apresentadas pelas equipes se sucederam de duas maneiras: algumas eram aplicadas na forma do produto, desenvolvendo um produto completamente novo e outras, por sua vez, eram adotadas apenas na substituição do material de um guarda-chuva convencional. Houve algumas equipes que, além de desenvolverem um novo formato de guarda-chuva, também sugeriram a utilização de materiais com características inspiradas nas analogias.

A Figura 19 representa a solução final de uma das equipes que conceituou um novo modelo de guarda-chuva, ou seja, conceituando o produto desde sua forma. A equipe em questão havia considerado 9 analogias, selecionando uma delas para aplicar no produto. O bom detalhamento dos esboços, somado à maneira como a equipe incorporou as analogias, foram os motivos que a levou a se destacar dentre as equipes que utilizaram analogia na forma física do guarda-chuva.

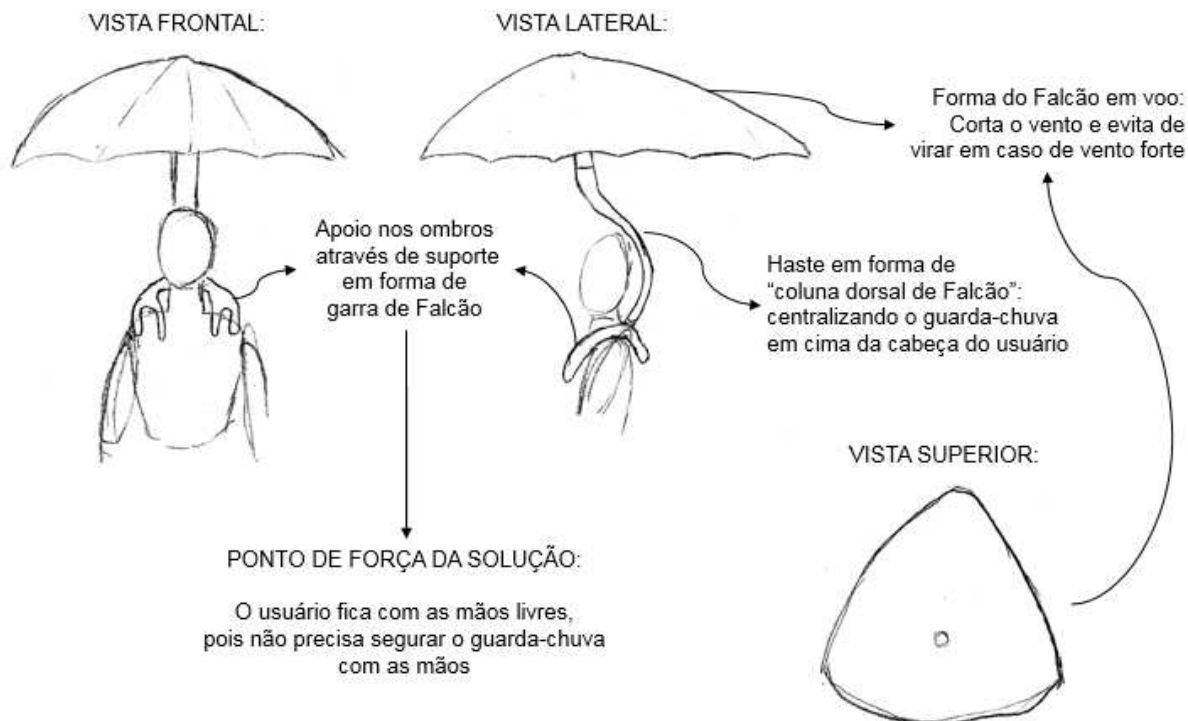


Figura 19 - Exemplo de solução final para um novo modelo de guarda-chuva, obtida por meio do método *Synectics*, de equipe que o aplicou para o desenvolvimento do formato do produto.

Autores: Estudantes da Equipe Marrom da Turma A.

O fator interessante que esta equipe apresentou na solução final foi o uso da analogia selecionada que, apesar de ter sido apenas uma, foi aplicada de três formas diferentes, uma em cada parte do produto.

A outra maneira que algumas equipes encontraram de aplicar as analogias foi recorrendo a utilização de material que contenha as mesmas características do animal/planta selecionado da lista. O resultado de uma equipe que utilizou as analogias desta maneira e foi selecionado pela clareza dos esboços pode ser conferido na Figura 20.



Figura 20 - Exemplo de solução final para um novo modelo de guarda-chuva, obtida por meio do método *Synectics*, de equipe que o aplicou para a substituição de materiais.

Autores: Estudantes da Equipe Rosa da Turma A.

Como poder ser percebido, a equipe não realizou qualquer alteração no formato do produto. Porém, apenas a substituição de materiais por outros, que atendam características tidas como problemáticas no produto original, torna possível a concepção de um guarda-chuva inovador.

Assim como os resultados do método Galeria, as soluções apresentadas como resultantes deste exercício surpreenderam principalmente no quesito originalidade. Foi percebido, inclusive, que algumas equipes se dedicaram em aplicar o conceito de cada analogia sem considerar a viabilidade real do desenvolvimento. Este comportamento denota que os alunos priorizaram a originalidade da solução, em vez de considerar apenas sua viabilidade, o qual era o fator que os estudantes estavam mais predispostos a atender nas atividades iniciais deste estudo.

O método *Synectics* se mostrou eficiente ao promover entre os graduandos a concepção de ideias originais. A utilização de analogias se mostrou uma maneira efetiva de incentivar os estudantes a unirem ideias de campos distintos, que dificilmente

seriam consideradas juntas por meio do raciocínio convencional. A orientação de buscar soluções por meio de analogias, no caso, com a natureza (um campo distinto do campo de guarda-chuvas), acarretou estimular os indivíduos a olharem para uma área que dificilmente seria cogitada a solução do problema.

Segundo De Bono (1986), a atitude de buscar soluções em áreas que não fazem parte do domínio do problema, olhando-o sob outra perspectiva, faz parte do conceito do pensamento lateral. O uso de analogias, portanto, funciona como um ponto de partida para a busca de soluções em esferas que antes não eram consideradas para a solução do problema, percorrendo caminhos diferentes dos usuais e, com isso, promovendo a criatividade.

Portanto, como uma ferramenta que demanda o uso de analogias, o método *Synectics* pode ser considerado uma ferramenta adequada para o estímulo da criatividade. Consequentemente, recomenda-se que sua aplicação prática seja efetuada nos próximos semestres em que a disciplina de Metodologia de Projeto seja ministrada. Assim como o caso do método Galeria, os resultados satisfatórios da aplicação do método *Synectics* podem ser ocasionados pelo desenvolvimento da criatividade proporcionada pelas aulas sobre processos criativos e aplicação de outros exercícios em datas anteriores. Mas, enquanto esta hipótese não for descartada, sugere-se que o método *Synectics* seja trabalhado de forma prática em sala de aula, pois, o método se revelou uma ferramenta pertinente para embasar os projetistas que desejem olhar para algum problema de projeto sob diferentes perspectivas, ou seja, além de seu domínio de conhecimento direto.

6.3 Resultados gerais

Os resultados do estudo mostraram os métodos de criatividade abordados foram responsáveis por estimular diferentes qualidades nas resoluções para os problemas de projeto. As características percebidas nos resultados da aplicação de cada método podem ser úteis para orientar a equipe de projeto a selecionar quais ferramentas poderão ser utilizadas de acordo com os objetivos que se deseja atingir na etapa de geração de soluções.

A Tabela 6 resume as principais particularidades de cada um dos métodos adotados neste trabalho, assim como os resultados que são estimulados por sua aplicação.

Tabela 6 - Principais particularidades dos métodos de criatividade

	Método	Característica	Resultado Esperado
Métodos Intuitivos	Brainstorming	Possui a premissa de que quantidade é melhor que qualidade.	Elevado número de ideias, mas pouco desenvolvidas.
	Método 6.3.5	Sessão inicia com menor número de soluções.	Soluções ligeiramente mais desenvolvidas.
	Galeria	Produção de esboços é individual, mas as avaliações e melhorias das alternativas são feitas coletivamente.	Entrosamento da equipe favorece o surgimento de soluções criativas e bem desenvolvidas.
	<i>Synectics</i>	Busca de soluções por meio de analogias diretas, pessoais ou simbólicas.	Soluções criativas, respostas encontradas fora do domínio do problema.
Métodos Sistemáticos	Quadro Morfológico	Foco em soluções parciais, geração de novas ideias ou busca de soluções existentes.	Organização de soluções parciais para cada parâmetro ou função.
	Inversão	Estímulo à geração de variações por meio do acrônimo MESCRAI.	Obtenção de diversas variações a partir de soluções iniciais.

Como pode ser verificado na Tabela 6, os métodos intuitivos foram responsáveis pela promoção de soluções mais criativas do que os métodos sistemáticos. Deve-se ressaltar as vantagens da aplicação de métodos como o Galeria e o *Synectics*, por favorecerem a criatividade no processo de geração de alternativas. O Galeria por promover o entrosamento da equipe, fazendo com que todos os integrantes da equipe avaliem e melhorem as alternativas individuais e o *Synectics* por estimular a busca de soluções em domínios fora da esfera do problema, o que pode promover o desenvolvimento de soluções inovadoras.

Os métodos sistemáticos, por sua vez, se caracterizaram pela quantidade e abrangência das soluções apresentadas. O Quadro Morfológico se destaca por explorar soluções parciais novas ou existentes para os parâmetros ou funções do projeto, e o Inversão por estimular um grande número de variações de uma mesma ideia inicial.

Apesar de os métodos sistemáticos não serem os que mais promovam as soluções criativas, portanto, não sendo recomendados como única ferramenta para expansão de soluções, seu uso deve ser considerado para que as soluções concebidas para o problema de projeto sejam exploradas ao máximo. A utilização combinada de métodos

intuitivos com métodos sistemáticos pode ocorrer na utilização um método intuitivo para a o preenchimento de um Quadro Morfológico, por exemplo. Neste caso, a utilização do método intuitivo seria para a busca de soluções parciais para cada parâmetro ou função. Ou ainda, se o método Inversão for selecionado, ele pode ser aplicado em uma ou mais soluções criadas por meio de um método intuitivo.

A combinação de ferramentas de criatividade pode enriquecer o processo de expansão de soluções. Para tanto, é recomendado pelo menos um método intuitivo e um método sistemático. Para que a equipe de projeto usufrua do potencial das ferramentas de criatividade, é necessário o conhecimento dos métodos, tanto de como deve se suceder sua aplicação, como de quando deve ser aplicada e quais seriam os possíveis resultados esperados.

7 Conclusão

O presente trabalho teve por objetivo realizar uma análise das ferramentas de criatividade utilizadas no desenvolvimento de produtos. As ferramentas estudadas foram as que são usualmente abordadas no ensino de metodologia de projeto nas turmas de Engenharia Mecânica da Unicamp.

Para que este objetivo fosse alcançado, foi necessária a fundamentação teórica da criatividade e sua relação com a metodologia de projeto. Para isso, foi tratada a definição da criatividade, abordando-a segundo sua definição padrão, mas, também foi necessário descrever a criatividade como característica pessoal, citar as categorias de criatividade e estabelecer qual delas este estudo contempla, como a criatividade é tratada no ensino de engenharia e, por fim, sua importância para o desenvolvimento de produtos. Neste trabalho foram apresentadas, também, quais são as ferramentas de criatividade apontadas com maior frequência pelos principais autores de metodologia de desenvolvimento de produtos. Este trabalho embasa a seleção de ferramentas que são comumente utilizadas no ensino de metodologia de projeto dos cursos de engenharia da Unicamp.

A fim de avaliar as ferramentas, foram realizados laboratórios com duas turmas de graduandos de Engenharia Mecânica da Unicamp. Os laboratórios consistiram na realização de exercícios para aplicação prática dos métodos de criatividade selecionados. As análises dos resultados apresentados pelos estudantes para cada exercício proposto foram importantes para a compreensão de como se sucede o processo de desenvolvimento e expansão de soluções por parte dos estudantes. A análise permitiu, também, verificar as influências que o ensino sobre os processos criativos e as ferramentas de criatividade exercem no desenvolvimento das habilidades criativas entre os alunos.

Da percepção subjetiva do docente, a realização de exercícios para aplicação de métodos de criatividade em sala de aula tem revelado, ao longo destes 20 anos, que os alunos possuem maior facilidade com os métodos sistemáticos. Portanto, um foco maior em ferramentas intuitivas tanto nas aulas como neste estudo foi importante por serem métodos menos estruturados do que, como o próprio nome diz, os métodos sistemáticos. A aplicação de exercícios para aplicação de métodos intuitivos, como o Galeria e o *Synectics*, revelou ser de extrema importância para o desenvolvimento das habilidades criativas dos estudantes. Apesar de existir a possibilidade de o sucesso dos resultados ser devido ao fato de outros métodos já terem sido lecionados e praticados nas aulas anteriores, o mérito da eficácia destas ferramentas deve ser considerado. Tanto o método Galeria como o *Synectics* estimularam os estudantes a desenvolverem soluções mais originais em relação aos outros métodos aplicados.

Os métodos intuitivos, apesar de serem relativamente menos estruturados, possuem algumas diretrizes que podem direcionar a equipe de projeto na busca e desenvolvimento de soluções realmente criativas. Apesar de suas particularidades, aplicação de cada uma das ferramentas revelou ser relevante para o desenvolvimento da criatividade dos alunos. Porém, os métodos têm manifestado características distintas nos resultados das equipes, o que pode auxiliar os docentes a selecionarem as ferramentas de acordo com os objetivos da disciplina. Por exemplo, o Brainstorming, que possui a premissa de que quantidade é melhor que qualidade, favorece a geração de um elevado número de ideias. O método *Synectics*, que busca soluções por meio das analogias, estimula a busca por respostas para além domínio do problema. Já o método 6.3.5, por sua vez, que se inicia com um número menor de soluções, resulta em ideias ligeiramente desenvolvidas, assim como o método Galeria, que, inclusive, promove um entrosamento da equipe ao propor que a equipe toda sugira melhorias nas alternativas individuais apresentadas.

A grande quantidade e variedade de ideias resultantes dos métodos intuitivos tende a facilitar a aplicação posterior de algum método sistemático, como o Quadro Morfológico, por exemplo. Aliás, o Quadro Morfológico mostrou ser uma ferramenta eficaz para a criação e organização de soluções parciais, tanto novas como existentes, não sendo recomendada, portanto, sua abordagem apenas como um método para geração de soluções. O outro método sistemático de criatividade trabalhado nos laboratórios, o método da Inversão, demonstrou ser eficiente para a obtenção de uma grande variedade de soluções. Mesmo se o método não for considerado para exercícios específicos de sua aplicação, recomenda-se o ensino dos conceitos contidos no acrônimo “MESCRAI” (Modifique, Elimine, Substitua, Combine, Rearranje, Adapte, Inverta) para utilização na expansão de soluções em outras atividades de aplicação de métodos de criatividade. Esta aplicação combinada de métodos possibilita que a fase de geração de alternativas tenha suas possibilidades exploradas ao máximo pela equipe de projeto.

É notório que o emprego adequado de metodologias de projeto é fundamental para o desenvolvimento de novos produtos, por outro lado, a liberdade nos processos é fundamental para se estimular as habilidades criadoras da equipe de projeto. Portanto, se a aplicação abrangente e adequada das etapas da metodologia de projeto depende da experiência da equipe e de seu conhecimento dos processos, é indispensável tornar os estudantes de engenharia cientes tanto das metodologias de projeto e suas ferramentas como da necessidade do desenvolvimento de suas habilidades criativas. Assim, promover o desenvolvimento da criatividade em estudantes de áreas voltadas ao desenvolvimento de produtos favorecerá o desenvolvimento de perfis profissionais capazes de delinear e selecionar processos e circunstâncias que promovam os melhores resultados de projeto, contribuindo, assim, com seu desenvolvimento profissional.

Assim sendo, no presente trabalho foi verificado que o ensino tanto teórico quanto prático das ferramentas abordadas neste trabalho foi importante para o aperfeiçoamento da capacidade de geração de soluções criativas entre os alunos. O ensino

dos conceitos acerca da criatividade, além das ferramentas que promovem a geração de ideias, mostraram ser indispensáveis para tornar os graduandos cientes de seu próprio potencial criativo. Ao tornar os alunos capazes de delinear e selecionar processos que promovam um ambiente propício à criatividade, contribui-se, assim, com o desenvolvimento profissional destes estudantes.

7.1 Trabalhos futuros

Com a finalidade de dar continuidade ao estudo sobre processos criativos no desenvolvimento de produtos, algumas análises são sugeridas em relação ao uso das ferramentas de criatividade e seu ensino nas disciplinas sobre metodologia de projeto.

Sobre a realização dos laboratórios de aplicação das ferramentas de criatividade, pode-se citar:

- Testar as ferramentas de criatividade adotadas no ensino de metodologia de projeto por meio de comparação umas com as outras. Esta avaliação poderia ser realizada por meio da solução de um mesmo problema de projeto com o respaldo de diferentes ferramentas de criatividade. Uma sugestão seria cada uma das equipes tentar propor soluções para um determinado problema, empregando, para tal, ferramentas de criatividade distintas. Soluções mais criativas e inovadoras poderiam ser resultantes das ferramentas mais eficazes;
- Ainda sobre comparar a aplicação das ferramentas de criatividade por meio da solução de um mesmo problema de projeto, a combinação de métodos intuitivos com métodos sistemáticos também poderia ser avaliada. Com esta análise poderia ser recomendada a utilização combinada de métodos intuitivos específicos com métodos sistemáticos também específicos;
- Considerar a aplicação das ferramentas em ordem contrária ou, pelo menos, distinta da ordem realizada no semestre em que se sucedeu a realização deste trabalho. Desta forma, seria possível verificar se a aplicação inicial de métodos intuitivos, como o Brainstorming, impacta a aplicação de métodos sistemáticos, como o Quadro Morfológico. Uma inversão total na ordem de aplicação dos métodos seria interessante, também, para verificar se o estímulo ao grande número de ideias e, ainda, de ideias absurdas, tem impacto na realização de outros métodos, como o *Synectics* ou o Galeria.

Sobre a análise dos resultados dos exercícios sobre criatividade:

- Testar a premissa do Brainstorming de que quantidade precede qualidade por meio da correlação de número de ideias geradas com a originalidade das soluções finais;

- Observar o comportamento dos alunos durante a realização de exercícios como o Brainstorming e o Galeria, por exemplo, e tentar relacionar se uma conduta séria ou descontraída tem influência sobre a originalidade das soluções apresentadas ao final do exercício;
- Listar todas as soluções finais resultantes de todos os exercícios, de todas as equipes, com o objetivo de descobrir se houve ideias similares ou únicas na amostra analisada. O uso de alguma ferramenta estatística pode ser considerado. A análise destas soluções pode indicar quais ferramentas são mais eficazes na obtenção de ideias originais e, por isso, criativas.

Referências

ACAR, Selcuk; BURNETT, Cyndi; CABRA, John F. Ingredients of Creativity: Originality and More. **Creativity Research Journal**. v. 29, n. 2, pp. 133–144, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/10400419.2017.1302776>>. Acesso em: 23 jan. 2018.

AGOGUÉ, Marine et al. The impact of age and training on creativity: A design-theory approach to study fixation effects. **Thinking Skills and Creativity**. v. 11, pp. 33–41, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.tsc.2013.10.002>>. Acesso em: 26 jan. 2019.

ALTSHULLER, Genrich Saulovich. **The innovation algorithm: TRIZ, systematic innovation and technical creativity**: Technical Innovation Center, Inc. [s.l: s.n.]. 312p.

AMABILE, Teresa. How to kill creativity. **Harvard Business Review**. v. 76, n. 5, pp. 76–87, 1988.

ATILOLA, Olufunmilola; TOMKO, Megan; LINSEY, Julie S. The effects of representation on idea generation and design fixation: A study comparing sketches and function trees. **Design Studies**. v. 42, pp. 110–136, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.destud.2015.10.005>>. Acesso em: 11 jun. 2018.

ATMAN, Cynthia J. et al. Engineering Design Processes: A Comparison of Students and Expert Practitioners. **Journal of Engineering Education**. v. 96, n. 4, pp. 359–379, 2007. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1002/j.2168-9830.2007.tb00945.x>>. Acesso em: 28 nov. 2017.

BAAS, Matthijs et al. Conceiving creativity: The nature and consequences of laypeople's beliefs about the realization of creativity. **Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts**. v. 9, n. 3, pp. 340–354, 2015.

BACK, Nelson. **Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem**. Barueri: Manole, 2008. 601p.

BARRON, Frank. The disposition toward originality. **The Journal of Abnormal and Social Psychology**. v. 51, n. 3, pp. 478–485, 1955.

BAXTER, Mike. **Projeto de produto: guia prático para o design de novos produtos**. 3. ed. São Paulo, SP: Edgard Blucher, 2011. 342p.

BENEDEK, Mathias; FINK, Andreas. Toward a neurocognitive framework of creative cognition: the role of memory, attention, and cognitive control. **Current Opinion In Behavioral Sciences**. v. 27, pp. 116–122, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2018.11.002>>. Acesso em: 27 jan. 2019.

BOURGEOIS-BOUGRINE, Samira et al. Engineering students' use of creativity and development tools in conceptual product design: What, when and how? **Thinking Skills and Creativity**. v. 24, pp. 104–117, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.tsc.2017.02.016>>. Acesso em: 15 mar. 2017.

BOWDEN, Edward M. et al. New approaches to demystifying insight. **Trends in Cognitive Sciences**. v. 9, n. 7, pp. 322–328, 2005.

BRATTSTRÖM, Anna; LÖFSTEN, Hans; RICHTNÉR, Anders. Creativity, trust and systematic processes in product development. **Research Policy**. v. 41, n. 4, pp. 743–755, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2011.12.003>>. Acesso em: 1 mar. 2017.

CAMERON, Julia. **Criatividade: a minha de ouro: seja criativo e conquiste seu espaço**. Rio de Janeiro: Ediouro, 1998. 363p.

CARRETTA, Fernanda et al. Criatividade no ensino de metodologia de projeto nos cursos de engenharia. In: **Anais do X Congresso Nacional de Engenharia Mecânica**. 2018. Disponível em: <<http://abcm.org.br/anais-de-eventos/CON18/0361>>. Acesso em: 24 jul. 2018.

CARVALHO, Marco Aurélio De; BACK, Nelson. Rumo a um Modelo para a Solução Criativa de Problemas nas Etapas Iniciais do Desenvolvimento de Produtos Marco. In: **In: II Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto. Anais...** 2000.

CHAN, Joel; DOW, Steven P.; SCHUNN, Christian D. Do the best design ideas (really) come from conceptually distant sources of inspiration? **Design Studies**. v. 36, n. C, pp. 31–58, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.destud.2014.08.001>>. Acesso em: 11 jun. 2018.

CHOU, Jyh Rong. An ideation method for generating new product ideas using TRIZ, concept mapping, and fuzzy linguistic evaluation techniques. **Advanced Engineering Informatics**. v. 28, n. 4, pp. 441–454, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.aei.2014.06.006>>. Acesso em: 16 maio. 2018.

CORDEIRO, Gabrielly Araújo. **Uma visão sobre encadeamento lógico entre gerenciamento e metodologia de projetos**. 2016. 132p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Campinas.

CRILLY, Nathan. Fixation and creativity in concept development: The attitudes and practices of expert designers. **Design Studies**. v. 38, pp. 54–91, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.destud.2015.01.002>>. Acesso em: 11 jun. 2018.

DALKEY, Norman; HELMER, Olaf. An experimental application of the Delphi method to use of experts. **Management Science**. v. 9, n. 3, pp. 27, 1963.

DALY, Shanna R.; MOSYJOWSKI, Erika A.; SEIFERT, Colleen M. Teaching creativity in engineering courses. **Journal of Engineering Education**. v. 103, n. 3, pp. 417–449, 2014.

DE BONO, Edward. **El pensamiento lateral: manual de creatividad**. Barcelona: Paidós, 1986. 320p.

DE MASI, Domenico. **O ócio criativo**. 4. ed. Rio de Janeiro, RJ: Sextante, 2000. 336p.

DEDINI, Franco Giuseppe. **Sistemática e metodologia de projeto**. 357p. Notas de aula IM136. Curso de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Unicamp, Campinas, 2018.

DEDINI, Franco Giuseppe; CAVALCA, Katia Lucchesi. Aplicação de metodologia e sistemática de projeto em disciplina do curso de engenharia mecânica. In: **Congresso Brasileiro De Educação Em Engenharia - COBENGE**. 1993.

DELGADO NETO, Geraldo Gonçalves. **Desenvolvimento e aplicação de um programa computacional para abordagem sistemática de desenvolvimento de produtos e serviços**. 2009. 150p. Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Campinas.

DIEDRICH, Jennifer et al. Are creative ideas novel and useful? **Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts**. v. 9, n. 1, pp. 35–40, 2015.

DYM, Clive L. et al. Engineering Design Thinking, Teaching, and Learning. **Journal of Engineering Education**. January, pp. 103–120, 2005.

EVERSHEIM, Walter. **Innovation management for technical products: systematic and integrated product development and production planning**. Berlim: Springer-Verlag, 2009. 135p.

GOBBLE, MaryAnne M. Design Thinking. **Research Technology Management**. v. 57, n. 3, pp. 59–61, 2014. Disponível em: <10.5437/08956308X5703005%5Cnhttp://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=buh&AN=95827944&site=ehost-live>. Acesso em: 15 mar. 2017.

GOMES, José Daniel C. Empreendedorismo e inovação na visão de professores de engenharia mecânica. **Cobenge**. Juiz de Fora, 2014.

GORDON, William J. J. **Synectics: the development of creative capacity**. 1. ed. New York: Harper & Row, 1961. 180p.

GROHMAN, Magdalena G. et al. The role of passion and persistence in creativity. **Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts**. v. 11, n. 4, pp. 376–385, 2017.

GUILFORD, Joy Paul. **Livro - Guilford, 1967.pdf**. New York: McGraw-Hill, 1967. 538p.

HELSON, Ravenna; ROBERTS, Brent; AGRONICK, Gail. Enduringness and change in creative personality and the prediction of occupational creativity. **Journal of Personality and Social Psychology**. v. 69, n. 6, pp. 1173–1183, 1995. Disponível em: <<http://doi.apa.org/getdoi.cfm?doi=10.1037/0022-3514.69.6.1173>>. Acesso em: 6 fev. 2018.

HIDAYAT, Taufiq; SUSILANINGSIH, Endang; DAN CEPI, Kurniawan. The Effectiveness of Enrichment Test Instruments Design to Measure Students' Creative Thinking Skills and Problem-Solving. **Thinking Skills and Creativity** 2018. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1871187118300294>>. Acesso em: 11 jun. 2018.

HSIAO, Shih Wen; CHOU, Jyh Rong. A creativity-based design process for innovative product design. **International Journal of Industrial Ergonomics**. v. 34, n. 5, pp. 421–443, 2004.

JANSSON, David G.; SMITH, Steven M. Design fixation. **Design Studies**. v. 12, n. 1, pp. 3–11, 1991.

JOHANSSON-SKOLDBERG, Ulla; WOODILLA, Jill; CETINKAYA, Mehves. Design thinking: Past, present and possible futures. **Creativity and Innovation Management**. v. 22, n. 2, pp. 121–146, 2013.

JUNG, Jung-Ho; CHANG, Don-Ryun. Types of creativity—Fostering multiple intelligences in design convergence talents. **Thinking Skills and Creativity**. v. 23, pp. 101–111, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.tsc.2016.12.001>>. Acesso em: 15 mar. 2017.

KAUFMAN, James C.; BEGHETTO, Ronald A. Beyond Big and Little: The Four C Model of Creativity. **Review of General Psychology**. v. 13, n. 1, pp. 1–12, 2009.

KING, Bob; SCHLICKSUPP, Helmut. **Criatividade: uma vantagem competitiva**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1999. 330p.

LI, Yan et al. Design creativity in product innovation. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**. v. 33, n. 3–4, pp. 213–222, 2007.

LÖBACH, Bernd. **Design industrial: bases para a configuração dos produtos industriais**. São Paulo, SP: Edgard Blucher, 2001. 205p.

MAIMON, Oded Z.; HOROWITZ, Roni. Sufficient conditions for inventive solutions. **IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics Part C: Applications and Reviews**. v. 29, n. 3, pp. 349–361, 1999.

MUNARI, Bruno. **Das coisas nascem coisas**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <https://scholar.google.pt/scholar?q=das+coisas+nascem+coisas+bruno+munari&hl=pt-PT&as_sdt=0%2C5&oq=das+coisas+nascem+coisas+bruno+mu>

NASCIMENTO, Kívia Mota. **Necessidades dos Clientes e Geração de Concepções: Integração da Teoria da Solução Inventiva de Problemas (TRIZ) e do Desdobramento da Função Qualidade (QFD)**. 1-14p. Universidade Federal de Itajubá, [s. l.], 2015.

NORTON, Robert L. **Design of Machinery: Journal of Mechanical Design**. [s.l.: s.n.]. v. 125. 650p.

OSBORN, Alexander Faickney. **O poder criador da mente: princípios e processos do pensamento criador e do “Brainstorming”**. 4. ed. São Paulo, SP: Ibrasa, 1975. 329p.

PAHL, Gerhard et al. **Projeto na engenharia: fundamentos do desenvolvimento eficaz de produtos, métodos e aplicações**. 6. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2005. 411p.

PAHL, Gerhard et al. **Engineering design: a systematic approach**. 3. ed. London: Springer-Verlag, 2007. 629p.

PEREIRA, Daniele dos Santos Guidotti; JUNG, Carlos Fernando. Fatores de bloqueio à criatividade e inovação: Um estudo com acadêmicos de engenharia da região do Vale do Paranhana. **Revista Espacios**. v. 35, n. 4, 2014. Disponível em: <<http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84900332984&partnerID=tZOtx3y1>>. Acesso em: 21 nov. 2017.

PERKINS, David N. **The Mind's Best Work**. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1981. 314p.

PERUZZI, Antônio de Paulo et al. Formação do engenheiro com foco na criatividade intrínseca do aluno – O uso do conceito de disciplinas. **Cobenge** 2012.

PRINCE, G. M. **The practice of creativity**. 2. ed. New York: Coolier Books, 1972.

RIBEIRO, Luis Roberto de Camargo. **Radiografia de uma aula de engenharia**. São Carlos: Edufscar, 2009. 138p.

ROZENFELD, Henrique et al. **Gestão de desenvolvimento de produtos: Uma referência para a melhoria do processo**. São Paulo, SP: Saraiva, 2006. 542p.

RUNCO, Mark A.; JAEGER, Garrett J. The Standard Definition of Creativity. **Creativity Research Journal**. v. 24, n. 1, pp. 92–96, 2012.

SOH, Kaycheng. Fostering student creativity through teacher behaviors. **Thinking Skills and Creativity**. v. 23, pp. 58–66, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.tsc.2016.11.002>>. Acesso em: 16 maio. 2018.

SOUZA, Jorge de Mello;; CORRÊA, Carlos José. Dos principais fatores que influenciam a criatividade e de como acolhê-la no ensino de engenharia. **Revista de Ensino de Engenharia**. v. 4, n. 2, pp. 151–156, 1985.

SOZO, Valdeon; FORCELLINI, Fernando A. Avaliação de Métodos de Criatividade nas Fases Iniciais Do Processo De Projeto De Produtos. **In: III Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto. Anais...**n. 1987, pp. 283–293, 2001.

SPRUGNOLI, Giulia et al. Neural correlates of Eureka moment. **Intelligence**. v. 62, pp. 99–118, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.intell.2017.03.004>>. Acesso em: 23 jan. 2018.

STEIN, Morris I. Creativity and Culture. **Journal of Psychology: Interdisciplinary and Applied**. v. 36, n. 2, pp. 311–322, 1953.

STERNBERG, Robert J. The Nature of Creativity. **Creativity Research Journal**. v. 18, n. 1, pp. 87–98, 2006.

SVENSSON, Nina. Subjective experiences of creative work after negative feedback. **Thinking Skills and Creativity**. v. 15, pp. 26–36, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.tsc.2014.11.002>>. Acesso em: 11 jun. 2018.

TERRA, José Cláudio Cyrineu. **Inovação: Quebrando paradigmas para vencer**. São Paulo: Saraiva, 2007. 272p.

WDO. **World Design Organization**. 2019. Disponível em: <<http://wdo.org/>>. Acesso em: 26 jan. 2019.

YUAN, Xiaofang; LEE, Ji-Hyun. A quantitative approach for assessment of creativity in product design. **Advanced Engineering Informatics**. v. 28, n. 4, pp. 528–541, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.aei.2014.07.007>>. Acesso em: 15 mar. 2017.

ZWICKY, Fritz. **Discovery, invention, research: through the morphological approach**. Toronto: Macmillan, 1969. 276p.

Apêndice A - Publicações

Nesta seção são listadas as publicações relacionadas ao presente projeto de pesquisa com autoria ou coautoria da autora desta dissertação.

Apêndice A.1 - Periódicos

CARRETTA, F.; DUARTE, A. Y.S.; SILVA, L. C. A.; DEDINI, F. G. Criatividade no ensino de metodologia de projeto nos cursos de engenharia. I: **Anais do X Congresso Nacional de Engenharia Mecânica**: Salvador: 2018, Disponível em: <<http://abcm.org.br/anais-de-eventos/CON18/0361>>

CARRETTA, F.; GENTILE, J. B.; PINHEIRO, N. M. G.; PINTO, D. M. e DEDINI, F. G. Proposta de utilização de DFX na filtragem do Quadro Morfológico para seleção de alternativa para um produto sustentável. In: **Anais do XXV Simpósio de Engenharia de Produção**: Bauru: 2018b.

Anexo A – Organogramas gerais das etapas da metodologia de projeto

Nesta seção são apresentados os fluxogramas das fases da metodologia de projeto adotada como referência neste trabalho. A metodologia contempla três fases, segundo Dedini (2018): Estudo de Viabilidade, Projeto Preliminar e Projeto Detalhado.

Um organograma geral da primeira delas pode ser verificado na Figura Anexo A.1.

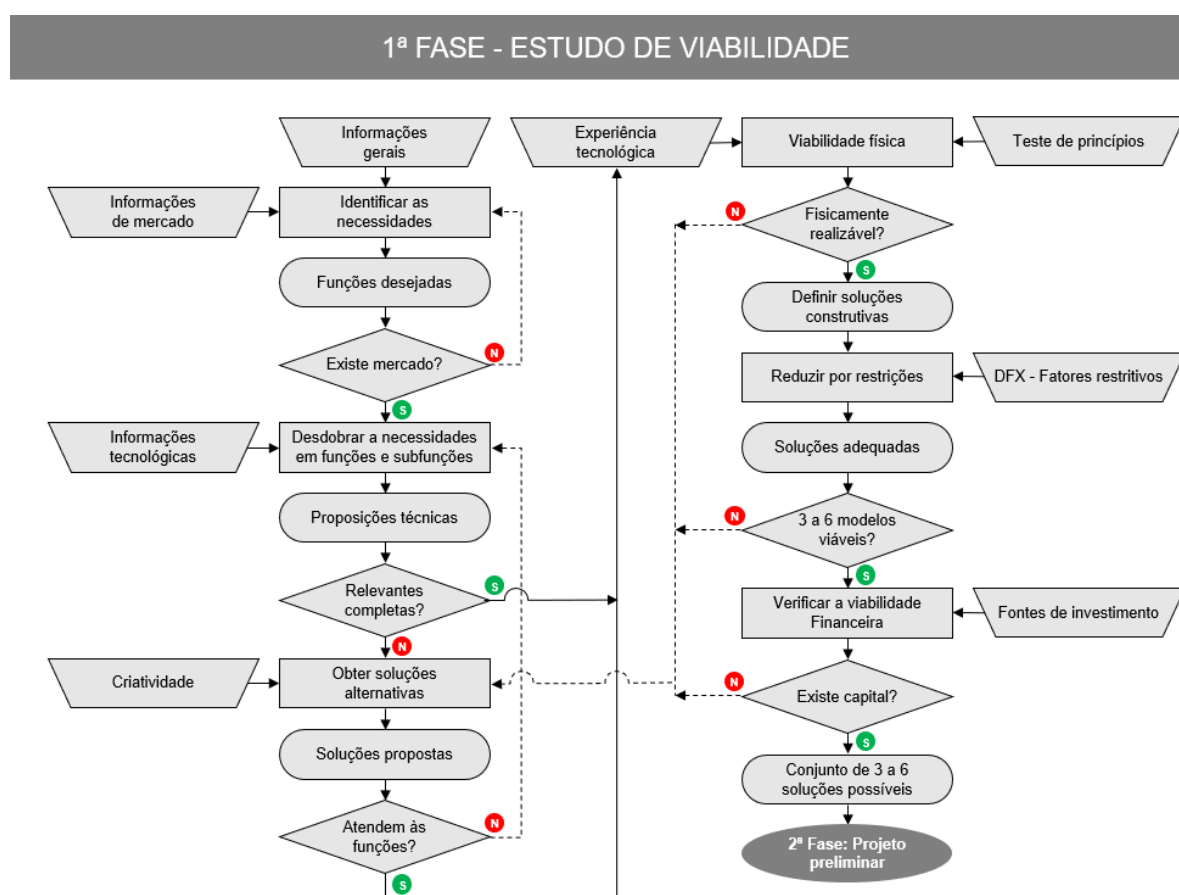


Figura Anexo A.1 - Organograma geral do Estudo de Viabilidade.

Fonte: Dedini (2018).

A fase do Projeto Preliminar, por sua vez, pode ser conferida no organograma da Figura Anexo A.2.

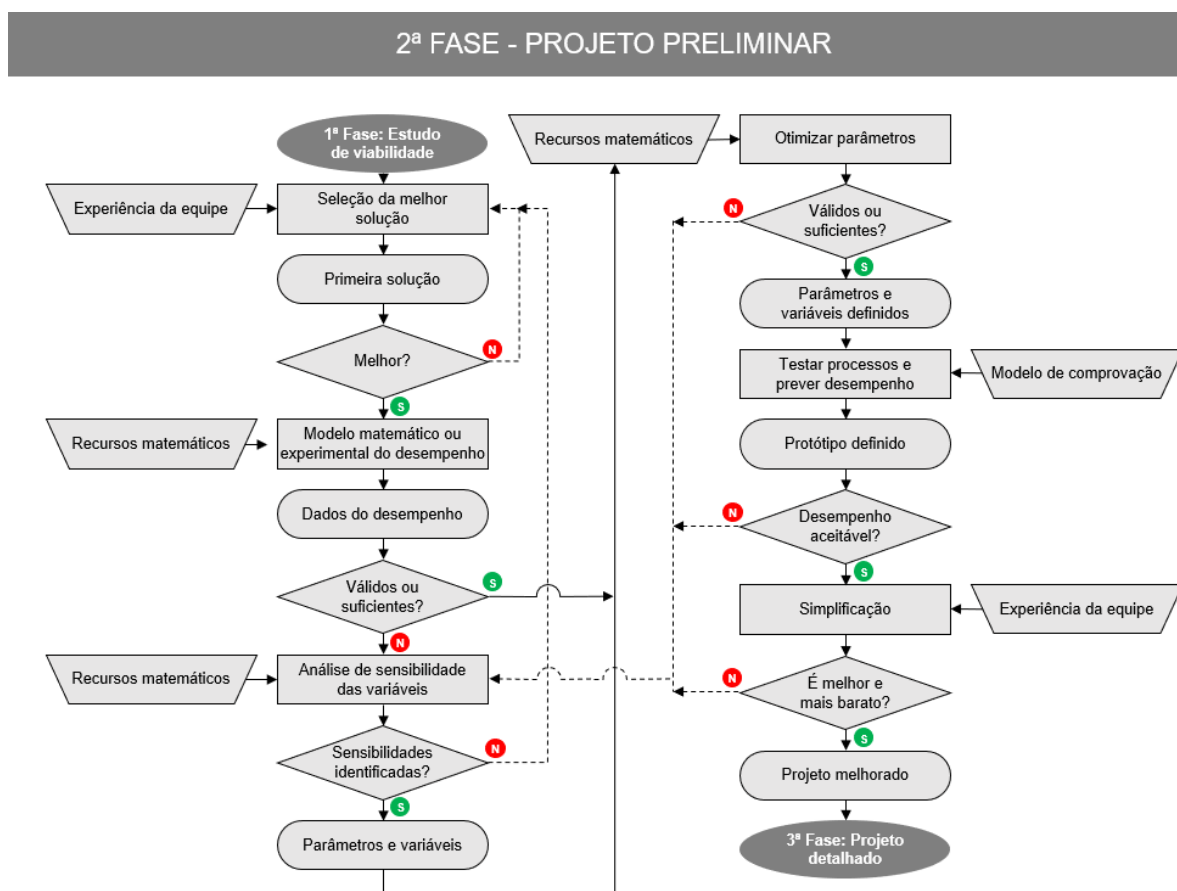


Figura Anexo A.2 - Organograma geral do Projeto Preliminar.

Fonte: Dedini (2018).

Por fim, a fase do Projeto Detalhado é composta pelas etapas representadas no organograma da Figura Anexo A.3.

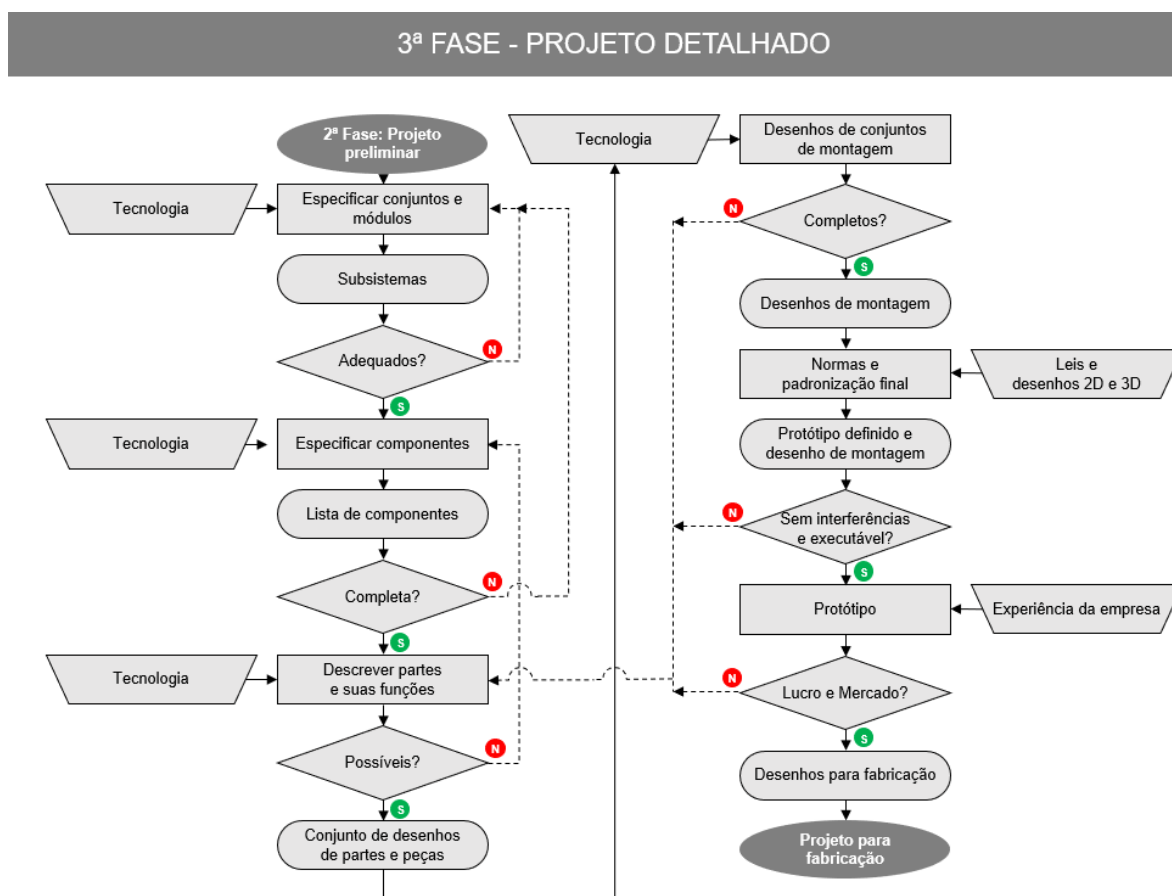


Figura Anexo A.3 - Organograma geral do Projeto Detalhado.

Fonte: Dedini (2018).

Anexo B - Enunciados dos exercícios

Nesta seção são apresentados os enunciados dos exercícios sobre criatividade aplicados aos alunos de graduação, para a realização do estudo desta dissertação.

Anexo B.1 - Atividade Inicial: Turma B

Desde que entraram na Unicamp, vocês sabiam que havia uma relação muito profunda entre Ser Engenheiro e Projetar (Máquinas, Sistemas).

Então comece a exercitar a engenharia propondo um projeto de um “**Módulo para motorização de cadeira de rodas**”, conforme as seguintes informações:

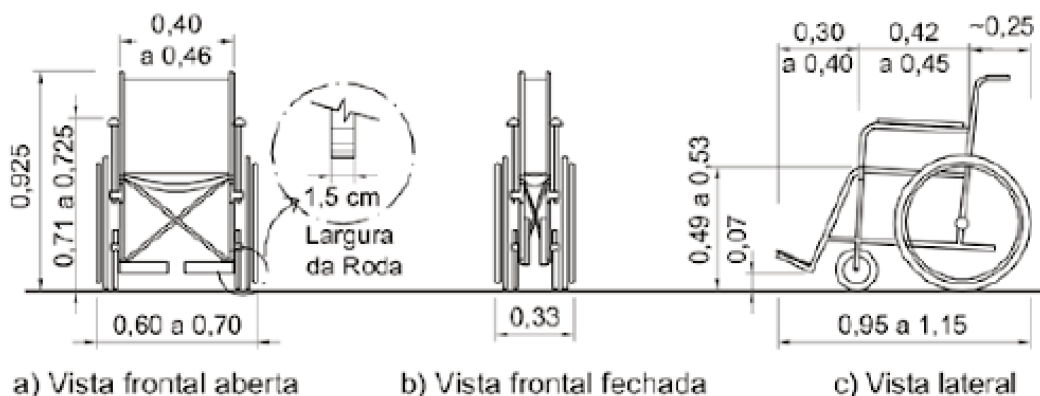
- O produto deve permitir a motorização de cadeiras de rodas convencionais (manuais);
- O módulo (kit) deve ser de fácil acoplamento e desacoplamento à cadeira de rodas.

Detalhem ao máximo os procedimentos que vocês utilizaram para chegar a esta solução. Haveria outras ideias tão boas quanto esta?

Obs.: Vocês terão 1h30 para resolver esta atividade, que deverá ser entregue ao final da aula.



blocoautocad.com



www.blogdocadearante.com.br

Anexo B.2 - Atividade Inicial: Turma A

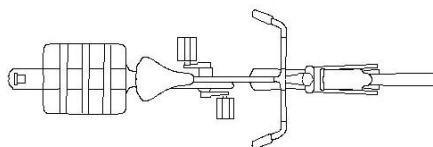
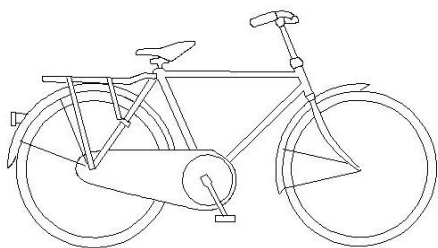
Desde que entraram na Unicamp, vocês sabiam que havia uma relação muito profunda entre Ser Engenheiro e Projetar (Máquinas, Sistemas).

Então comece a exercitar a engenharia propondo um projeto de um “**Módulo para motorização de bicicletas**”, conforme as seguintes informações:

- O produto deve permitir a motorização de bicicletas convencionais (com ou sem marchas);
- O módulo (kit) deve ser de fácil acoplamento e desacoplamento à bicicleta.

Detalhem ao máximo os procedimentos que vocês utilizaram para chegar a esta solução. Haveria outras ideias tão boas quanto esta?

Obs.: Vocês terão 1h30 para resolver esta atividade, que deverá ser entregue ao final da aula.



Anexo B.3 - Exercício sobre Brainstorming



Segundo pesquisadores da UNIFESP (Universidade Federal de São Paulo), o tempo de decomposição da garrafa PET (politereftalato de etileno) é de no mínimo cem anos.

O Censo da Reciclagem de PET no Brasil, realizado pela Associação Brasileira da Indústria do PET (Abipet), revelou que cerca de 294 mil toneladas de embalagens PET são destinadas à reciclagem, ou seja, 57,1% do total. A reciclagem de garrafa PET ultrapassa os campos da preservação ambiental e movimenta, também, a economia do país.

Os números impressionam, mas, ainda assim, não é possível reaproveitar todas as embalagens produzidas.

Fonte: www.pensamentoverde.com.br/reciclagem

Perante este cenário, faça um Brainstorming para propor soluções para a seguinte questão:

“O que fazer com garrafas PET usadas?”

Organizem a atividade do Brainstorming, seguindo os direcionamentos abaixo:

- Procurem gerar o máximo de ideias possíveis para o problema proposto (nesta fase quantidade precede qualidade);
- Após listar todas as ideias, classifique-as de acordo com a identificação: A – Absurda, P – Promissora, V – Viável;
 - Na sequência, selecionem da lista:
 - 5 ideias absurdas, mas originais
 - 5 ideias promissoras, mas originais
 - 5 ideias viáveis, mas originais
- A partir destas 15 ideias, formulem 3 propostas do grupo para o problema proposto. Estas propostas devem ser consideradas inovadoras pela equipe e devem ser representadas por meio de esboços explicativos.

Obs.: A atividade deve ser entregue ao final da aula.

Anexo B.4 - Exercício sobre 6.3.5.

Desenvolvendo uma visão empreendedora, aplique o Método 6.3.5 para encontrar soluções para o seguinte tema:

“Máquina doméstica automatizada para fazer alimentos”

Organizem a execução desta aplicação do Método 6.3.5, seguindo os direcionamentos abaixo:

- Serão fornecidos os formulários* do método para o grupo;
- Após gerar as ideias, façam uma separação delas por viáveis, promissoras e absurdas;
- Formular 3 ideias e realizar um esboço da solução.

Passos para execução do método:

1. Distribuir um formulário para cada participante.
2. Após cuidadosa análise e familiarização com o problema, escrever três soluções iniciais na primeira linha do formulário.
3. Após 5 minutos, passar a folha para o participante vizinho, que deve sugerir outras três novas soluções ou desenvolver as soluções já sugeridas.
4. Este movimento deve se repetir até que cada folha tenha passado por todos os participantes.
5. Ao final do procedimento é realizada uma avaliação e seleção de quais ideias devem ser implantadas.

Obs.: A atividade deverá ser entregue na próxima aula.

*Exemplo de formulário fornecido para cada integrante das equipes:

Problema:	Data:	Nomes:	
	Equipe:		
1.1	1.2	1.3	Iniciais
2.1	2.2	2.3	
3.1	3.2	3.3	
4.1	4.2	4.3	
5.1	5.2	5.3	
6.1	6.2	6.3	

Anexo B.5 - Exercício sobre Quadro Morfológico

Elabore um Quadro Morfológico Funcional de um “**Módulo para motorização de cadeira de rodas**”, conforme as seguintes informações:

- O produto deve permitir a motorização de cadeiras de rodas convencionais (manuais);
- O módulo (kit) deve ser de fácil acoplamento e desacoplamento à cadeira de rodas, sem grandes alterações permanentes na cadeira.

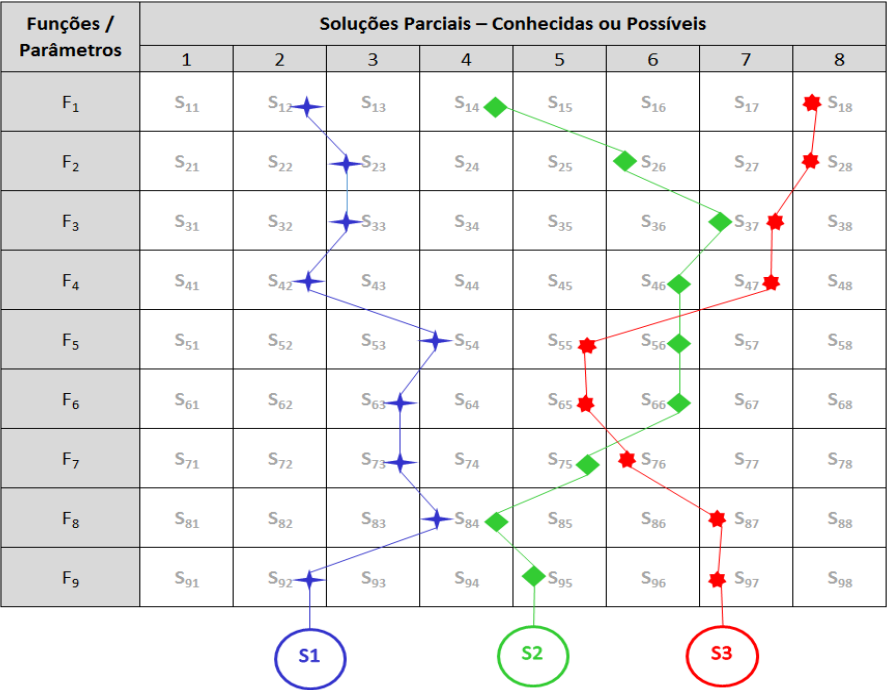


Elaborar o Quadro Morfológico segundo os direcionamentos:

1. Primeiramente, listar as **funções** e **parâmetros** que o módulo deve contemplar, a fim de explorar os sistemas envolvidos neste produto. Esta etapa irá auxiliar na formulação do Quadro. Deve-se tomar cuidado para listar funções/parâmetros e não componentes;
2. Na estruturação do Quadro Morfológico, utilizar pelo menos 7 funções/parâmetros e, para cada um deles, apresentar de 6 a 8 soluções parciais;
3. A partir das informações obtidas, preencher o Quadro Morfológico com as potenciais soluções parciais. Nesta etapa deve-se buscar novas ideias tanto quanto considerar componentes e soluções já conhecidos. Representar por meio de palavras ou, melhor ainda, de esboços, tentando manter o mesmo nível de generalização para as soluções;
4. Com o quadro preenchido, analisar rigorosamente cada solução parcial em relação aos objetivos que devem ser alcançados. Então, realizar combinações de 3 diferentes configurações de módulo para motorização de cadeira de rodas;
5. Representar as 3 configurações selecionadas por meio de esboços explicativos.

Obs.: A atividade deverá ser entregue ao final da aula.

Exemplo de Quadro Morfológico:



Anexo B.6 - Exercício sobre Inversão

O método da Inversão também é conhecido como método dos Questionários, *Checklists*, MESCRAI ou, *SCAMPER*, sua versão em inglês, pois consiste em uma lista para estimular a geração de soluções para transformar um produto existente.



1. Neste exercício vocês deverão aplicar o método da Inversão para uma “Churrasqueira doméstica”, segundo os direcionamentos:
2. Primeiramente, listar as **funções** e **parâmetros** que o produto deve contemplar, a fim de explorar os sistemas envolvidos neste produto;
3. Estabelecer o(s) objetivo(s) de melhoria do produto, para direcionar a geração de soluções.

(Sugestão) Alguns problemas relatados por usuários para este tipo de produto, que podem ser considerados para a melhoria do produto, são: muito baixa, grelha pequena, frágil (material amassa e enferruja), instabilidade (não possui travas e desmonta com qualquer impacto). A equipe pode considerar estes e/ou outros problemas.

4. No quadro fornecido* com as etapas da ferramenta, gerar alternativas buscando atender as possibilidades de variação do produto, realizando as alterações conforme as etapas representadas pela sigla MESCRAI:
 - **Modifique:** aumentar ou diminuir tamanho, peso, quantidade de peças, curvar;
 - **Elimine:** eliminar itens, características, peça única ao invés de várias;
 - **Substitua:** outros materiais, processos, acabamentos;
 - **Combine:** materiais, funções, componentes;
 - **Rearranje:** mudar a disposição ou número de itens;
 - **Adapte:** para outros usos ou para limitações do usuário ou ambiente, ou mercado;
 - **Inverta:** do interno para externo, vertical para horizontal, claro para escuro.
5. Preencher o quadro com esboços simples das ideias;
6. Selecionar três configurações de acordo com os objetivos definidos pela equipe. Serão necessários esboços ligeiramente mais detalhados do que os apresentados no quadro.

7. Para concluir: para cada solução, apresentar quais as vantagens em relação ao produto original.

Obs.: A atividade deverá ser entregue na próxima aula.

*Exemplo quadro fornecido em folha à parte para cada uma das equipes:

ETAPAS	APRESENTAÇÃO DAS IDEIAS	Equipe:
Modifique		
Elimine		
Substitua		
Combine		
Rearranje		
Adapte		
Inverta		

Anexo B.7 - Exercício sobre Galeria

O método Galeria tem como objetivo a geração de ideias de soluções para problemas combinando trabalho individual e em equipe. Neste exercício será aplicada uma versão simplificada do método. A etapa 1 será fornecida nas instruções e as etapas 3 e 4 deverão ser realizadas **verbalmente** pela equipe. Deverão ser entregues as soluções desenvolvidas apenas nas etapas 2 e 5.

Etapa 1: Apresentação do problema – pretende-se desenvolver um “**Carrinho de compras portátil**” atendendo os seguintes requisitos:

1. Ser portátil – o usuário deve poder carregá-lo consigo durante as suas compras dispensando o uso dos carrinhos locais e de sacolinhas para retornar para casa.
2. Ser fácil de manusear – movimentação, preenchimento com compras e armazenamento do carrinho no meio de transporte e em casa.

Etapa 2: Cada integrante da equipe deverá **desenhar esboços com as ideias** relacionadas ao problema apresentado **individualmente**. Durante esta etapa, que deverá durar **15 minutos**, é importante que a equipe não se comunique. Cada integrante deverá apresentar e entregar no mínimo um esboço relacionado ao problema nos campos disponíveis. Coloque as iniciais do participante na folha dos esboços individuais.

Etapa 3: Durante **15 minutos** todos os esboços devem ser disponibilizados para todo o grupo que deverá analisar as ideias propostas e formular **verbalmente** algumas propostas para o produto a partir dos esboços individuais.

Etapa 4: A equipe deverá discutir e avaliar se as propostas apresentadas na etapa 3 são viáveis para dar continuidade ao desenvolvimento do produto.

Etapa 5: A equipe deverá apresentar um **esboço explicativo detalhado** de uma solução escolhida pela equipe para o problema proposto, de acordo com as discussões das etapas 3 e 4, **justificando a escolha** desta solução.

Obs.: A atividade deverá ser entregue ao final da aula.

Anexo B.8 - Exercício sobre *Synectics*

Synectics significa juntar elementos diferentes e aparentemente não relacionados entre si. Este método reconhece dois tipos de mecanismos mentais: Transformar o estranho em familiar e transformar o familiar em estranho, etapas que ocorrem simultaneamente, não sendo possível separá-las.

Nesta atividade vocês irão realizar um rápido projeto de biônica, ou biomimética, que consiste no estudo das estruturas biológicas e de suas funções para, assim, aplicar as estratégias e soluções da natureza na solução de um problema de projeto.

Neste exercício vocês deverão aplicar o método da Synectics para o desenvolvimento de um novo modelo de “Guarda-chuva”, segundo os direcionamentos:



1. Definir do problema: Quais são os sistemas envolvidos no produto? Qual(is) ponto(s) a equipe deseja melhorar?
2. Elaborar e listar* analogias diretas:
 - a) Transformar o familiar em estranho: olhar o problema sob outro ponto de vista, saindo do lugar comum, seguro e familiar. Nesta etapa vocês irão realizar **analogias com a natureza** (animais ou plantas): buscar funções, características mecânicas, físicas, químicas, cinemáticas ou construtivas que podem auxiliar a resolver o problema de projeto identificado na etapa 1;
 - b) Transformar o estranho em familiar: de que forma as características da natureza que vieram à tona podem ser utilizadas para solucionar o problema de projeto?

***Obs.:** Listar analogias levantadas segundo este exemplo:

- **Mariposa**¹ – movimento das asas: estrutura arquitetônica que abre e fecha durante o dia;
- **Pássaro Martim Pescador**² – formato do bico pode otimizar performance de trens bala;
- **Cupinzeiros**³ – mantêm a temperatura interna constante: formato pode ser adaptado em projetos arquitetônicos.

(*Curiosidade: 1. Inspirou a criação do Museu de Arte de Milwaukee; 2. O formato do bico inspirou o formato de trens bala no Japão, que passaram a viajar de maneira mais silenciosa, além se tornarem mais rápidos e mais econômicos; 3. EastgateCenter, no Zimbábue, imita a forma dos cupinzeiros africanos.)

3. Selecionar a(s) analogia(s): apresentar uma solução selecionada pela equipe;

4. Para concluir: Representar a alternativa por meio de esboço detalhado, apresentando qual foi a analogia encontrada e como ela é aplicada na solução.

Obs.: A atividade deverá ser entregue ao final da aula.

Anexo C – Exemplo do exercício sobre Galeria

Nesta seção são apresentados os esboços individuais realizados por uma das equipes durante a execução do exercício sobre Galeria. Os esboços foram escaneados individualmente e são apresentados nas figuras deste anexo. A fim de facilitar a compreensão das alternativas, depois de escaneados os esboços passaram por tratamento digital em seu contraste e os textos, escritos à mão pelos estudantes, foram refeitos digitalmente para viabilizar sua legibilidade. Os esboços individuais estão representados nas figuras denominadas “Figura Anexo C.” e estão distinguidos pela numeração, de 1 a 7, que acompanham o nome da figura.

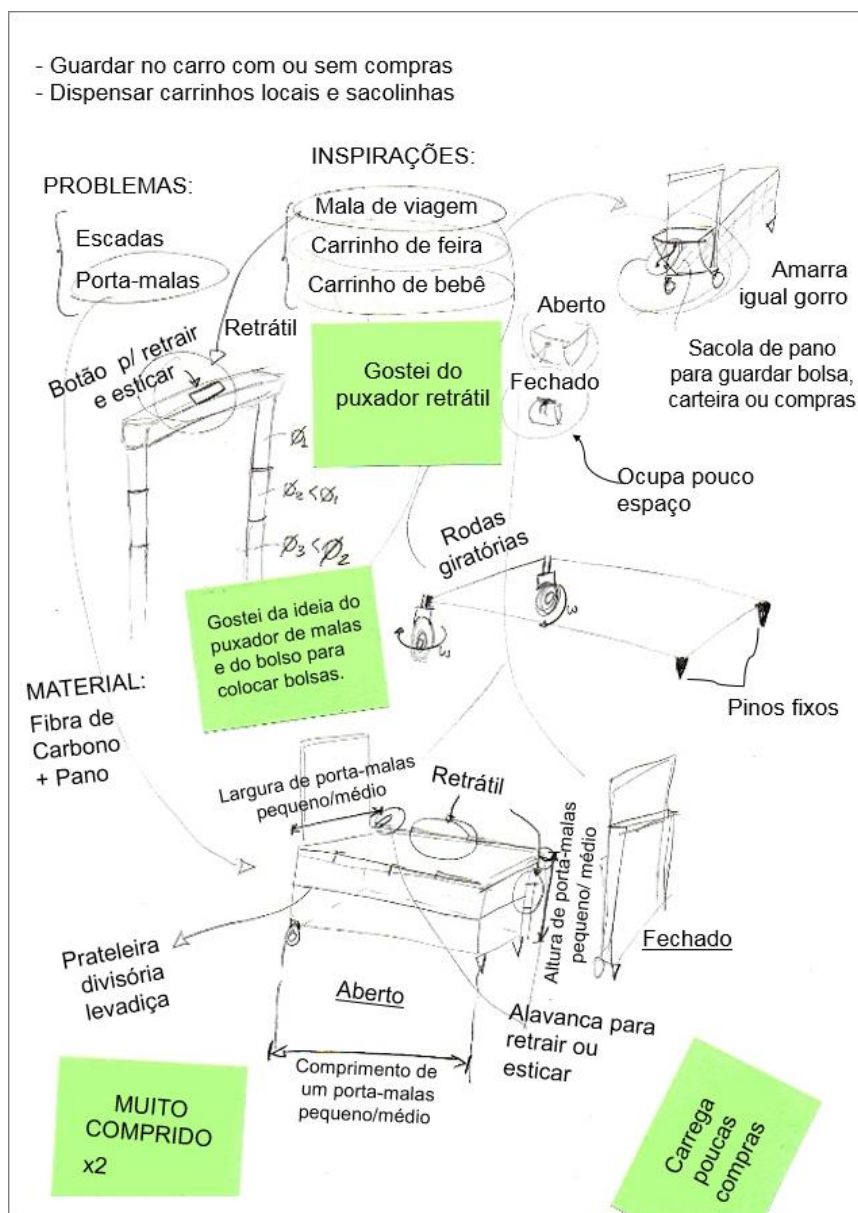


Figura Anexo C.1 – Esboço individual realizado durante a aplicação do método Galeria para um “Carrinho de compras portátil”.

Autores: Estudantes da Equipe Roxa da Turma B.

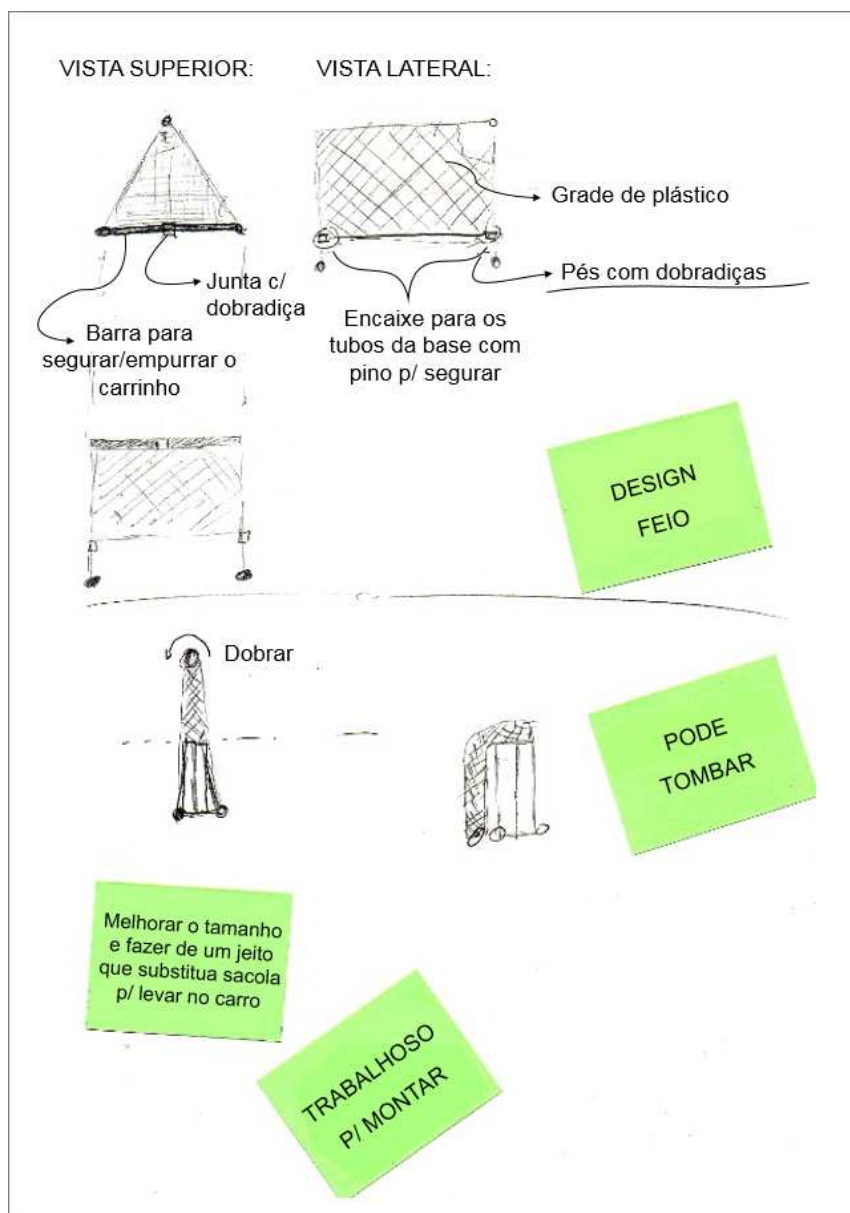


Figura Anexo C.2 – Esboço individual realizado durante a aplicação do método Galeria para um “Carrinho de compras portátil”.

Autores: Estudantes da Equipe Roxa da Turma B.

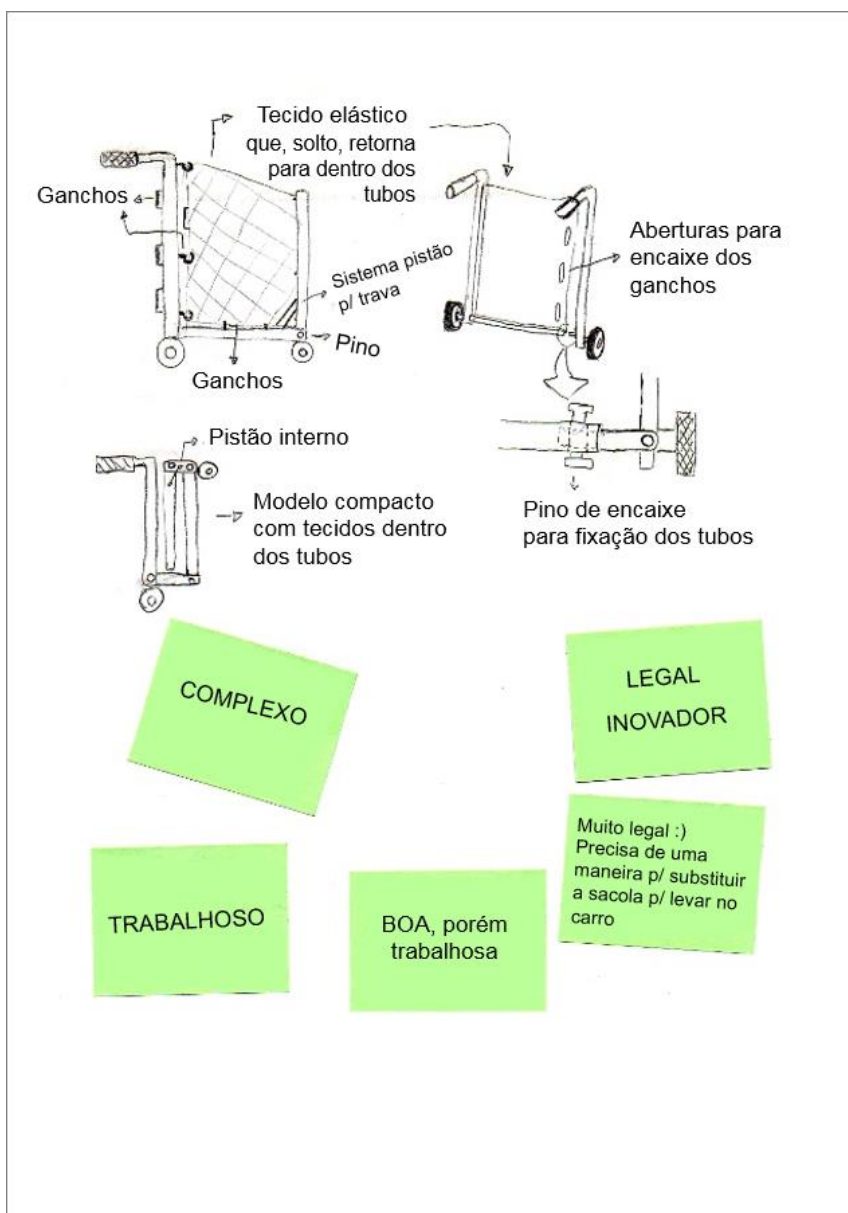


Figura Anexo C.3 – Esboço individual realizado durante a aplicação do método Galeria para um “Carrinho de compras portátil”.

Autores: Estudantes da Equipe Roxa da Turma B.

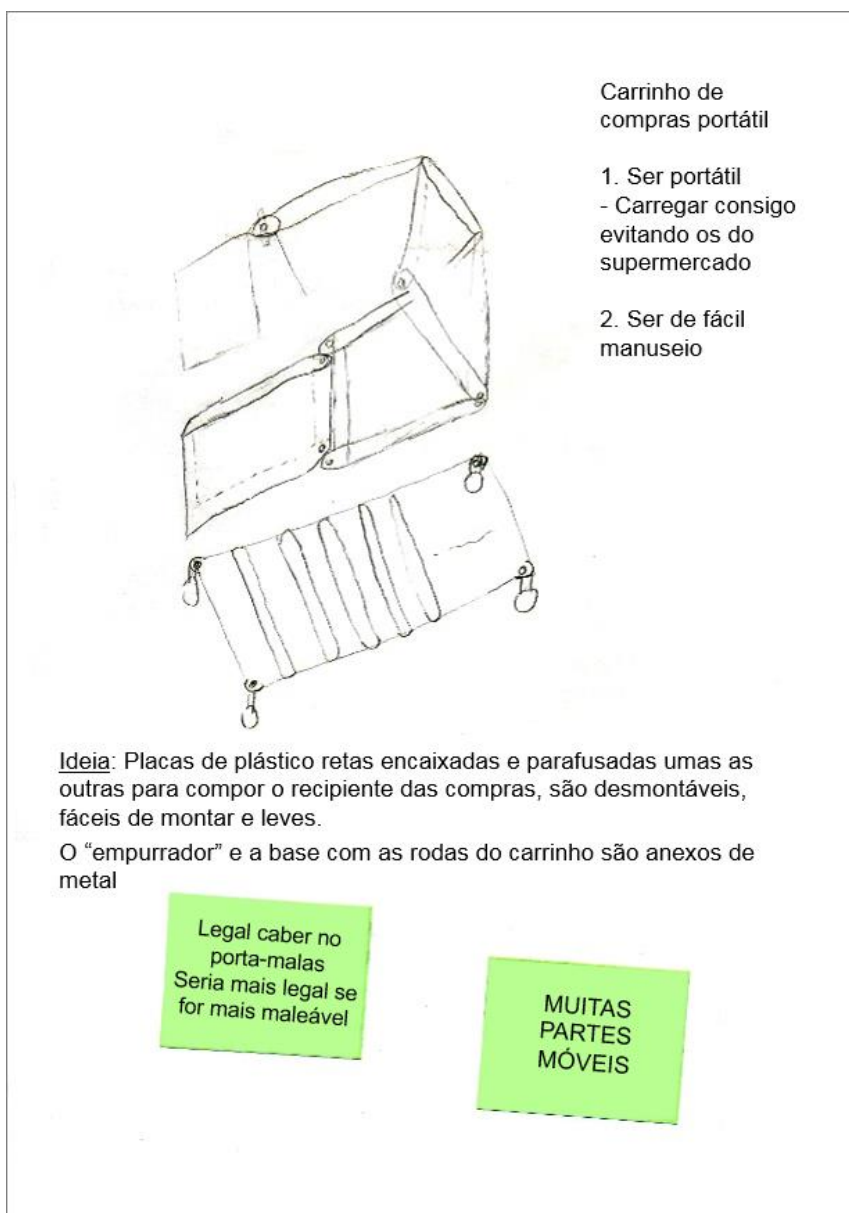


Figura Anexo C.4 – Esboço individual realizado durante a aplicação do método Galeria para um “Carrinho de compras portátil”.

Autores: Estudantes da Equipe Roxa da Turma B.

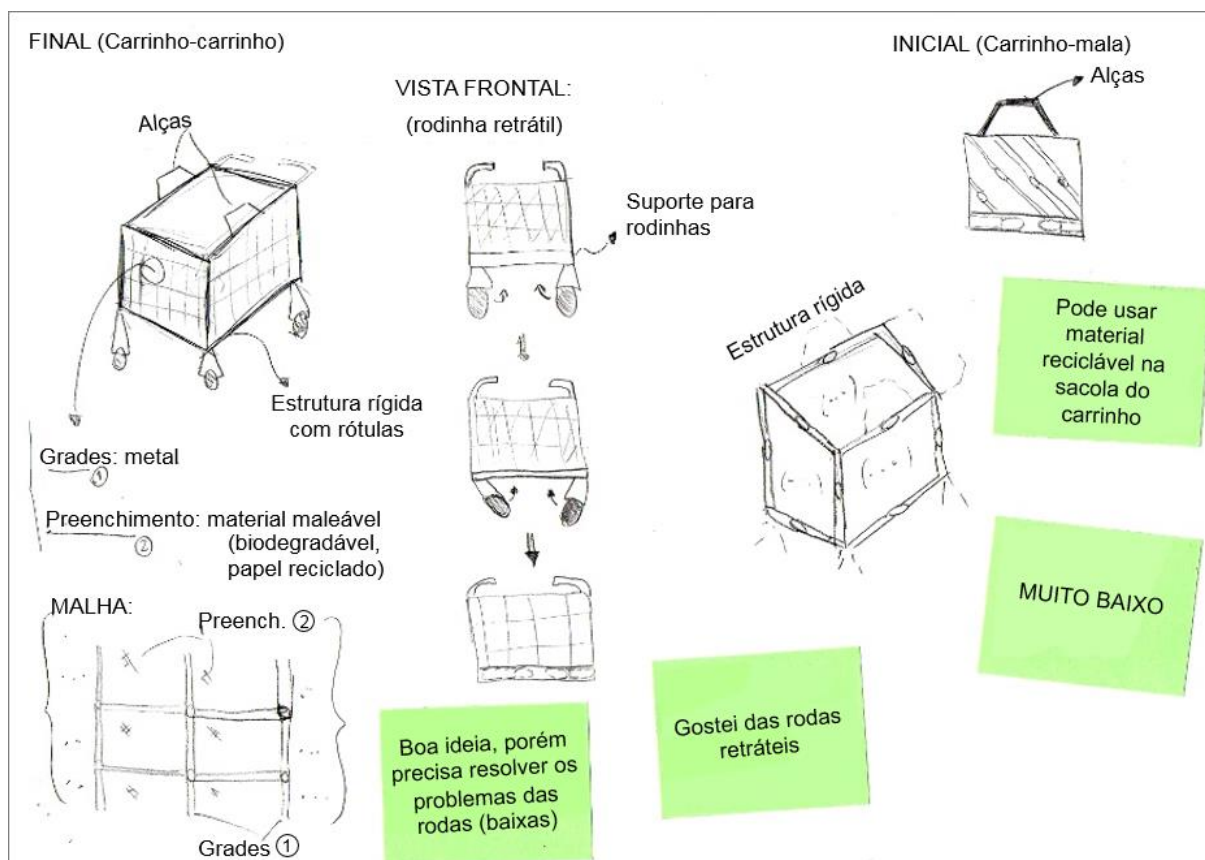


Figura Anexo C.5 – Esboço individual realizado durante a aplicação do método Galeria para um “Carrinho de compras portátil”.

Autores: Estudantes da Equipe Roxa da Turma B.

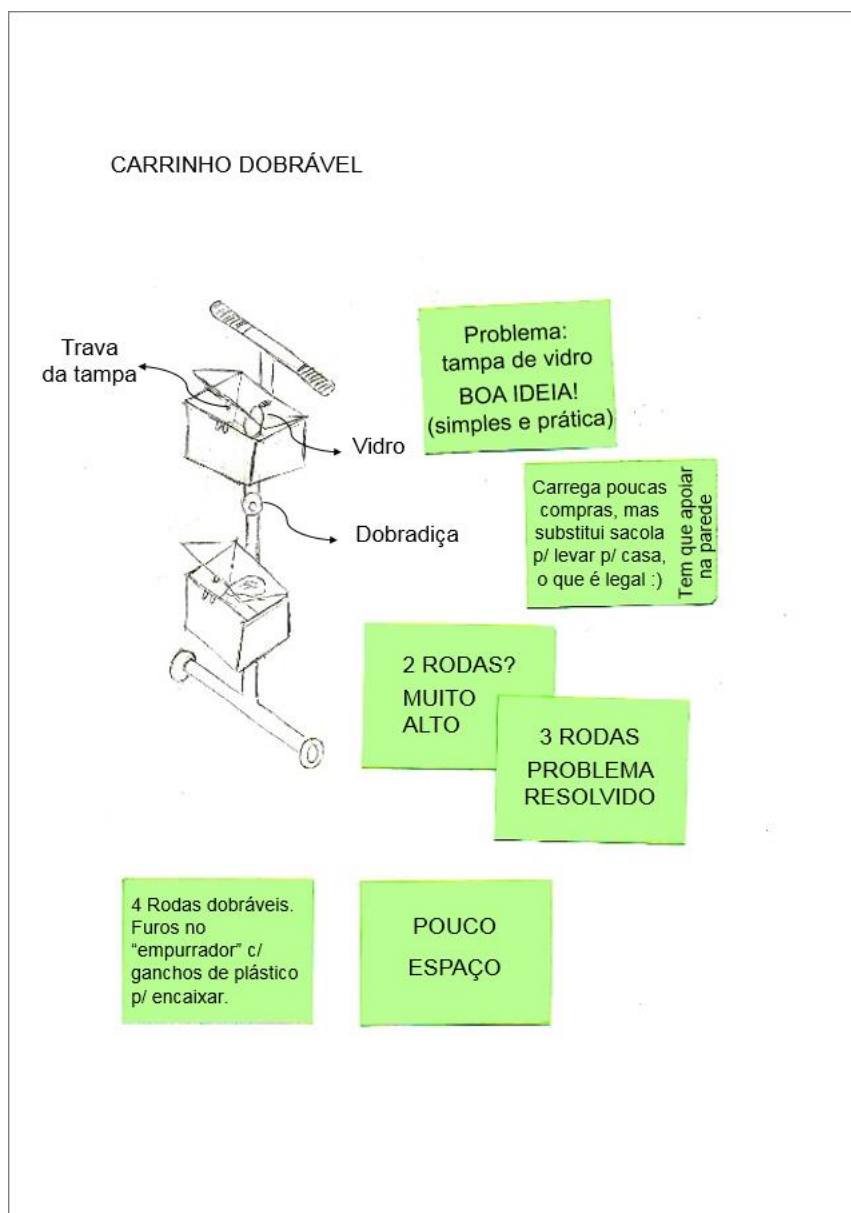


Figura Anexo C.6 – Esboço individual realizado durante a aplicação do método Galeria para um “Carrinho de compras portátil”.

Autores: Estudantes da Equipe Roxa da Turma B.

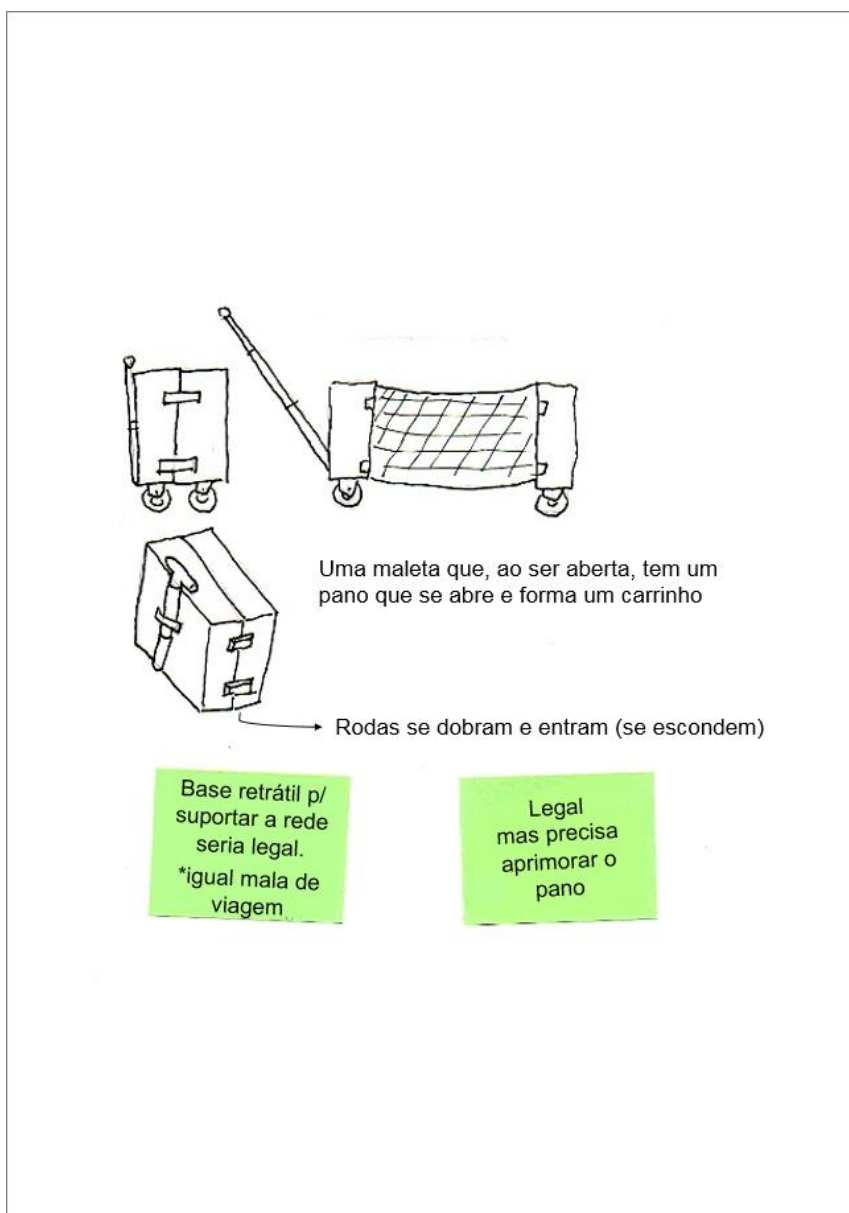


Figura Anexo C.7 – Esboço individual realizado durante a aplicação do método Galeria para um “Carrinho de compras portátil”.

Autores: Estudantes da Equipe Roxa da Turma B.