WILLYAMS BEZERRA DE MELLO

**PROPOSTA DE UM MÉTODO ABERTO DE PROJETO DE
PRODUTO - TRÊS ALTERNATIVAS DE CRIAÇÃO**

São Paulo
2011

WILLYAMS BEZERRA DE MELLO

**PROPOSTA DE UM MÉTODO ABERTO DE PROJETO DE
PRODUTO - TRÊS ALTERNATIVAS DE CRIAÇÃO**

Dissertação apresentada à Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo para obtenção
do título de Mestre em Engenharia

Área de Concentração:
Engenharia de Construção Civil e Urbana

Orientadora:
Prof^a Dr^a Brenda Chaves Coelho Leite

São Paulo
2011

DEDICATÓRIA

*A minha querida mãe Judite (in memoriam),
Meu pai Miguel
E meu amado filho Vinícius.*

AGRADECIMENTO ESPECIAL

Em especial agradeço primeiramente a Deus, a quem tenho um relacionamento de profunda intimidade, pois Ele concedeu-me o privilegio de viver com saúde e a oportunidade de aprender. Também de conhecer durante a minha jornada aqui na terra, pessoas fascinantes e inteligentes que passam na minha vida, agregando sempre valor ao meu crescimento. É claro que agradeço pelas lutas do meu dia-a-dia, pelos desáfios e obstáculos durante todo o processo da minha existência. Tudo isso somado me transmitiram conhecimento e sabedoria, exercendo um papel importante na minha formação como ser humano. Mas quero dizer que ainda continuo neste processo; então a Deus ofereço toda a minha honra e gratidão por tudo e pelo que há de vir.

AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa representou um desafio por conjugar conhecimentos de diversas áreas, como *design*, engenharia civil e mecânica, entre outras áreas afins, nas quais tenho muito interesse em conhecer, sabendo que o conhecimento é construído e aprimorado com o passar do tempo. Por outro lado, esses conhecimentos têm contribuído muito na minha formação acadêmica e pessoal, onde a interdisciplinaridade exerce um papel importante na minha carreira profissional.

Agradeço em especial à minha amada mãe Judite Bezerra de Mello (*in memoriam*), que através de sua personalidade forte e marcante e grande amor, cuidado, incentivos, contribuiu na formação da minha personalidade e caráter, também pelo apoio nos momentos mais difíceis da minha vida fazendo com que eu chegasse até aqui. “Obrigado, mãe...por tudo, onde quer que voce esteja!”.

A minha gratidão ao meu pai Miguel Felismino de Mello pelo seu apoio financeiro durante a minha vida escolar até a juventude. Enfim agradeço aos meus pais por serem íntegros, honestos e referência para mim.

Ao meu filho amado Vinícius Mello, que é a minha verdadeira paixão e grande herança aqui na terra, pois a sua existência é fonte de inspiração para a minha luta diária. “Muito obrigado Deus pelo presente que o Senhor me concedeu, a vinda do meu filho a terra e o grande privilegio de ser seu pai. Te amo Vinny!”.

À minha querida irmã Milka de Mello Ximenes Silva e meu cunhado Marinaldo Ximenes Silva, pelo apoio e incentivo nesta etapa da minha vida numa fase muito conturbada, por terem demonstrado por diversas vezes que eu não deveria desistir e continuar sempre lutando; então, “meu muito obrigado pelo apoio emocional e pelas conversas que tivemos durante os ultimos anos da minha pesquisa”.

Em fim, agradeço a todos os meus familiares que de uma forma direta ou indireta sempre estão prontos a me ajudar. Em especial quero destacar o meu sobrinho e irmão Jean Kleber Bezerra de Mello, pela sua prontidão e disponibilidade quando sempre precisei dele, sejam nos momentos de tristezas e de alegrias.

À minha orientadora Prof^a Dr^a Brenda Chaves Coelho Leite, pela confiança e amizade durante esses anos aqui na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, quer seja pela sua capacidade e inteligência na orientação deste trabalho, numa área tão diferente da sua, quer seja no sentido de saber lidar comigo, nas minhas dificuldades e consolidação da construção do conhecimento aqui adquiridos. Gostaria de expressar minha profunda gratidão e levarei sempre comigo no meu coração como um ser humano muito especial, que Deus concedeu-me o privilégio de conhecer.

Também a todos os professores da Escola Politécnica neste período de grande aprendizado, em especial aos professores Dr. Marcelo A. L. Alves e Dr. Sérgio Leal Ferreira pela participação e grandes contribuições no exame de qualificação na direção final deste trabalho.

Agradeço à minha amiga Mariana Tiemi Ariga, *designer* de jóias, pela sua contribuição no desenvolvimento em conjunto de um dos modelos apresentado neste trabalho.

Agradeço a Robotec Brasil por permitir o acesso e estudo de campo em relação às tecnologias de protótipagem rápida, e contar com orientações dos profissionais que trabalham com esta tecnologia nesta empresa.

Agradeço ao Prof^o Aguilar Selhorst Junior do escritório de *design*, Megabox Design, pela sua grande contribuição à minha pesquisa, quanto ao processo de desenvolvimento do dispositivo de conforto personalizado. As respostas de sua entrevista serviram para validar o método proposto neste estudo.

A meu amigo de longa data, Gerson Alves Gomes pelo apoio emocional, seja pelos conselhos ou simplesmente por me ouvir, pela correção do texto em português e do texto em inglês. “*Thank you so much my dear friend, God bless you!*”.

Aos amigos e colegas da EPUSP que contribuíram com o meu crescimento e a minha pesquisa, em especial gostaria de destacar Monica Gonzalez Pompeo de Camargo e sua família, pela amizade e dedicação, no sentido de motivação e aprendizado. “Muito obrigado por disponibilizar sua casa e seu precioso tempo! Não vou esquecer a sua grande ajuda nas noites e finais de semanas”. Ainda quero

mentonar e agradecer à minha amiga Renata Marè pelo seu incentivo e apoio, e também ao meu amigo Rodrigo Duarte Seabra pelas nossas conversas aqui na universidade, pois sempre mostrou-se presente, ajudando em tudo que fosse necessário.

Ao meu chefe Eng^o Antonio Serverino da Silva, do Consórcio Ductor-ETEP por conceder horário para estudar na USP. “Muito obrigado Toninho!”.

E finalmente agradeço a todo *staff* da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo: bibliotecários, secretarias e funcionários pelo precioso atendimento prestado.

“O verdadeiro homem mede a sua força, quando se defronta com o obstáculo”.

Antoine de Saint-Exupéry

RESUMO

Estudos no campo de conforto personalizado demonstram a necessidade de se desenvolver um sistema de distribuição de ar que permita ao usuário controlar, individualmente, as condições térmicas no seu posto de trabalho. Neste contexto, um equipamento dessa natureza foi idealizado pela orientadora deste trabalho e nesse processo foi identificada a necessidade de se elaborar um método de desenvolvimento de produto com características acadêmicas para ser usado na concepção e construção do dispositivo em questão. Para atender a essa necessidade, um método de projeto foi proposto neste trabalho para ser aplicado na área de desenvolvimento tecnológico de produto e/ou novos produtos, tendo como estudo de caso o dispositivo de conforto personalizado que foi desenvolvido paralelamente por um escritório de *design*. O método proposto se baseou em outros métodos de projeto já consagrados e foi adequado para o que se propõe considerando seus aspectos positivos. O método proposto neste trabalho é aberto e adota três processos criativos, baseado em pesquisas nas áreas de estética, materiais, ergonomia e comportamento humano e na pesquisa científica. O método permite a inter-relação de *design*, tecnologia de material e engenharia para satisfazer aos pré-requisitos técnicos quanto à funcionalidade, forma, estética e custo. O método é um modelo totalmente desenvolvido no âmbito acadêmico e foi validado pelo estudo de caso, quando se procedeu à comparação do método proposto com o utilizado pelo escritório de *design* que desenvolveu o dispositivo propriamente dito. Pela análise comparativa dos dois métodos foi possível concluir que o método proposto é adequado para se desenvolver um produto tanto no meio acadêmico quanto na indústria. Além disso, ele apresenta um diferencial com relação aos métodos considerados: sua estrutura aberta – circular e radial estimula as interferências no decorrer do projeto, fazendo com que etapas sejam acrescentadas, retiradas e/ou desdobradas de acordo com os objetivos específicos do produto em questão.

Palavras-chave: Método de Projeto de Produto. Processos Criativos. Design de Produto. Dispositivo de Conforto Térmico Personalizado.

ABSTRACT

Studies in the field of personalized thermal comfort demonstrate the necessity of developing an air distribution system that allows the user to control individually the thermal conditions in their work station. In this context, such an equipment is designed for guiding this study and this process has identified the need of devising a method of product development with academic characteristics to be used in the design and construction of the device in question. To attend this need, a design method was proposed in this work to be applied in the area of technological development of products and / or new products, taking as a case study of the personal comfort device which was developed in parallel by a design office. The proposed method was based on other design methods already established and was adequate to what is proposed considering its positive aspects. The method proposed in this work is open and takes three creative processes, based on research in the areas of aesthetics, materials, ergonomics and human behavior and in scientific research. The method allows the interrelation of design, material technology and engineering to meet the technical prerequisites for functionality, shape, aesthetics, and cost. The method is a model totally developed in the academic area and was validated by case study, when compared to the proposed method used by the office design that developed the device itself. After comparative analysis of both methods it was possible to conclude that the proposed method is suitable to develop a product both in the university, and in the industry. Furthermore, it has a differential with regard to the methods considered: open structure - circular and radial that stimulates interference during the project, making steps are added, removed and / or deployed according to the specific goals of the product in question .

Keywords: Method of Product Design. Creative Processes. Product Design. Personalized Thermal Comfort Device.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Associação de signos – (Pignatari, 2002)	7
Figura 2 - Método proposto por BONSIEPE. Fonte Adaptada: Bonsiepe (1984).	17
Figura 3 - Método proposto por PAHL E BEITZ. Fonte Adaptada: Pahl e Beitz (1996).	19
Figura 4 - Método proposto por BAXTER. Fonte Adaptada: Baxter (1998).....	23
Figura 5 - Método proposto por MORAES E MONT´ALVÃO. Fonte Adaptada: Moraes e Mont´Alvão (1998).....	25
Figura 6 - Método proposto por MUNARI. Fonte Adaptada: Bruno Munari (2002)..	27
Figura 7 - Método proposto por PUGH. Fonte adaptada: Pugh (2002).	29
Figura 8 - Comparação dos seis métodos fechados. Fonte Adaptada: Santos (2005).	32
Figura 9 – Fluxograma das etapas da pesquisa.....	36
Figura 10 – Ciclo radial de macro etapas de desenvolvimento de produto – Método Aberto de Projeto de Produto – Três Alternativas de Criação, MAPP-3A.	39
Figura 11 – Contribuição da ergonomia na indústria (IIDA, 2005).....	47
Figura 12 – Sistemas computacionais trabalhando de forma integrada (Souza, 2003).	54
Figura 13 – Custo de alteração de projeto ao longo do ciclo de desenvolvimento do produto (Wohlers, 1998).....	59
Figura 14 – Fases de pré-processamento e processamento - tecnologias PR (Vasconcelos, 2002).....	60
Figura 15 – Características gerais das tecnologias PR que utilizam matérias-primas em pó (Lira, 2008).	62
Figura 16 – Características gerais das tecnologias PR que utilizam matérias-primas líquidas (Lira, 2008).....	64
Figura 17 – Características gerais das tecnologias PR que utilizam matéria-prima sólida - bloco e fio (Lira, 2008).	65
Figura 18 – Características gerais das tecnologias PR que utilizam matérias-primas sólidas – folhas (Lira, 2008).	66
Figura 19 – Exemplo de proposta de painel semântico para desenvolvimento de uma mochila de <i>camping</i> - (extraído www.arthursoares.com/faculdade/Projeto.pdf).....	72
Figura 20 – Estágios do ciclo de vida do produto (Fonte: USEPA 2001).	80
Figura 21 – Fases de uma Análise de Ciclo de Vida (Fonte: ISO 14040:1997)	80
Figura 22 – Sistema de insuflamento de ar pelo piso – corte esquemático (Adaptado da Better Bricks Workshop, USA, 2005).	86

Figura 23 – Estratificação da temperatura no UFAD <i>System</i> (Adaptado da Better Bricks Workshop, USA, 2005).	87
Figura 24 – Novos edifícios de escritórios com piso elevado e sistema de climatização com distribuição de ar pelo piso (Adaptado da Better Bricks Workshop, USA, Bauman, 2005).	88
Figura 25 – Variação da taxa de metabolismo, Levy (2002).	89
Figura 26 – Áreas de alcances ótimos e máximo na mesa, para trabalhador sentado (Grandjean, 1983).	91
Figura 27 – Parte do banco de imagens, que é composto de 736 exemplares (extraídos da web).....	96
Figura 28 – Proposta de painel semântico para desenvolvimento do dispositivo de conforto personalizado	97
Figura 29 – Coluna vertebral do corpo humano (extraído de <i>Anatomy for The Artist</i> , Sarah Simblet – Photography John Davis).....	98
Figura 30 – Desenhos das vértebras da coluna vertebral do corpo humano (extraído de <i>Anatomy for The Artist</i> , Sarah Simblet – <i>Photography</i> John Davis)	99
Figura 31 – Modelo N° 1- dispositivo de conforto personalizado, baseado na biônica.	100
Figuras 32 – Modelo N° 1 - dispositivo de conforto personalizado posicionados na estação de trabalho – baseado na biônica.....	100
Figura 33 – Planilha para avaliação da melhor alternativa de design – matriz de decisão.....	102
Figura 34 – Quadro de macro etapas e lista de verificação MAPP-3A versus Método de Projeto do Escritório de <i>Design</i>	113

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

2D	Bidimensional
3D	Tridimensional
ACV	Análise de Ciclo de Vida
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers , Inc., Atlanta - USA
CAD 3D	Computer Aided Design – Three Dimensional
CAE	Computer-Aided Engineering
CAM	Computer-Aided Manufacturing
DMLS	Direct Metal Laser Sintering
EPUSP	Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
EBM	Electron Beam Manufacturing
FDM	Fused Deposition Modeling
IEA	International Ergonomics Association
INPI	Instituto Nacional de Propriedade Industrial
LOM	Laminated Object Manufacturing
LENS	Laser Engineered Net Shaping, Optomec, Inc.
MU	Modelo de Utilidade
NURBS	Non-Uniform Rational B-Splines
PLT	Paper Lamination Technology
QAAI	Qualidade do Ar dos Ambientes Interiores
SEDAI	Serviço Estadual de Assistência ao Inventor
STL	StereoLithography
SLS	Selective Laser Sintering

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	Justificativa.....	4
1.1.1	O Design, como Atividade Multidisciplinar	4
1.1.2	Teoria da Comunicação	5
1.1.3	Semiótica	6
1.2	Objetivos.....	8
1.3	Organização do Trabalho de Dissertação.....	9
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
2.1	Introdução	11
2.2	Revisão das Metodologias de Projeto de Produto de Alguns Autores	12
2.2.1	BOMFIM (1995)	13
2.2.2	BAXTER (1998)	14
2.2.3	LÖBACH (2000).....	14
2.2.4	BACK (1983, 2008)	14
2.2.5	BONSIEPE (et al., 1984).....	15
2.3	Métodos de Projetos de Produto Selecionados	15
2.3.1	Método BONSIEPE	16
2.3.2	Método PAHL e BEITZ	17
2.3.3	Método BAXTER	20
2.3.4	Método MORAES e MONT'ALVÃO	24
2.3.5	Método de MUNARI	26
2.3.6	Método PUGH.....	28
2.4	Análise dos Métodos de Projetos Selecionados	30
2.5	Considerações Acerca dos Seis Métodos de Projeto Analisados.....	31
3	METODOLOGIA DA PESQUISA	34
3.1	Etapas da Pesquisa.....	35
4	PROPOSTA DE UM MÉTODO ABERTO DE PROJETO DE PRODUTO – TRÊS ALTERNATIVAS DE CRIAÇÃO	38
4.1	Descrição do Método Proposto.....	38
4.2	Lista de Atividades e/ou Verificação	40
4.3	Descrição Teórica para Desenvolvimento das Macro Etapas do MAPP-3A	43
4.3.1	Pesquisa de Design	45
4.3.1.1	Estudo da Ergonomia do Produto	45
4.3.1.2	Estudo da Usabilidade do Produto.....	49
4.3.2	Estudos de Tecnologias	51
4.3.2.1	Tecnologia CAD	52
4.3.2.2	Tecnologia de Prototipagem Rápida e Virtual	57
4.3.3	Processo de Criação.....	66
4.3.3.1	Processos Intuitivos e Perceptivos	68

4.3.3.2	Imagens Referenciais	69
4.3.3.3	Insights	70
4.3.3.4	Painel Semântico	71
4.3.4	Análise da Geometria - Alternativas de Solução de Design	72
4.3.4.1	Biodesign	73
4.3.4.2	Estética	73
4.3.4.3	CFD – Computing Fluid Dynamics	74
4.3.5	Matriz de Decisão	75
4.3.5.1	Seleção da Melhor Alternativa de Design	76
4.3.6	Verificação do Modelo Virtual	76
4.3.7	Protótipo	77
4.3.8	Validação do Protótipo	78
4.3.9	Solução de Design	78
4.3.10	Produção e Consumo	79
4.3.11	Ciclo de Vida do Produto	79
5	EXEMPLO DE APLICAÇÃO PARCIAL DO MÉTODO MAPP-3A	82
5.1	Análise do Problema de Design	82
5.1.1	Briefing de Projeto do Dispositivo de Conforto Personalizado	83
5.2	Pesquisa de Design em Relação ao Dispositivo de Conforto Personalizado	84
5.2.1	Conforto Térmico	84
5.2.2	Sistema de Insuflamento de Ar pelo Piso	85
5.2.3	Conforto Personalizado	88
5.2.4	Estudo da Ergonomia do Produto Dispositivo de Conforto Personalizado	91
5.2.5	Estudo da Usabilidade do Produto - Princípio de Usabilidade Aplicada ao Dispositivo de Conforto Personalizado	92
5.3	Estudos de Tecnologias Envolvidas	92
5.3.1	Tecnologia CAD	93
5.3.2	Preparação do Modelo e/ou Protótipo	93
5.3.3	Tecnologia de Prototipagem Rápida – PR - Escolha do Equipamento para possível Confecção do Dispositivo	93
5.4	Processo de Criação	94
5.4.1	Processos Intuitivos e Perceptivos	95
5.4.2	Imagens Referenciais	95
5.4.3	Insights	96
5.4.4	Painel Semântico	97
5.5	Alternativas de Solução de Design do Dispositivo	97
5.5.1	Biônica e/ou Biodesign	98
5.6	Matriz de Decisão	101
5.6.1	Seleção da Melhor Alternativa de Design Aplicada no Desenvolvimento do Dispositivo de Conforto Personalizado	101
6	ESTUDO DE CASO DO DISPOSITIVO DE CONFORTO PERSONALIZADO DESENVOLVIDO PELO ESCRITÓRIO DE DESIGN	103
6.1	Briefing	103
6.2	Método de Projeto de Produto utilizado pelo Escritório de Design	104
6.3	Processo de Criação	106
6.3.1	Painel Semântico	108

6.3.2	Escolha do Material.....	109
6.4	A Melhor Solução de Design.....	109
6.5	Modelo 3D e o Protótipo Funcional.....	109
6.6	O Protótipo Funcional e sua Validação	110
6.7	O Processo de Fabricação do Produto.....	110
7	ANÁLISE DO MÉTODO MAPP-3A EM COMPARAÇÃO COM O MÉTODO APLICADO PELO ESCRITÓRIO DE <i>DESIGN</i>.....	112
7.1	Análise e Comparação dos Dois Métodos.....	112
7.1.1	Aspectos Positivos	114
7.1.2	Aspectos Negativos.....	115
8	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS.....	116
8.1	Conclusões	116
8.2	Trabalhos Futuros.....	118
	REFERÊNCIAS.....	120
	BIBLIOGRAFIA	127
	APÊNDICE A – DIRETRIZES CURRICULARES NACIONAIS DO CURSO DE GRADUAÇÃO EM DESIGN.....	129
	APÊNDICE B – TERMO DE SIGILO E CONFIDENCIALIDADE.....	134
	APÊNDICE C – ENTREVISTA’ COM PROFº AGUILAR – ESCRITÓRIO DE DESIGN.....	.135

1 INTRODUÇÃO

Na chegada dos anos 90, as mudanças do estilo de vida da população urbana foram se consolidando, e atualmente os habitantes das grandes cidades gastam cerca de 90% de seu tempo em ambientes climatizados onde a qualidade do ar de ambientes interiores (QAAI) tornou-se um assunto de extrema importância mundial e os problemas ambientais mais comuns da prática clínica (LEDFORD, 1994).

Conseqüentemente, com a evolução da tecnologia da informação, o modo de trabalho dessas pessoas tem mudado significativamente. Nesses ambientes, o acréscimo de equipamentos que dissipam calor nas estações de trabalho e a sua distribuição na área proporcionam zonas térmicas de diferentes temperaturas ocasionando desconforto térmico para as pessoas.

Segundo Leite (2003), os sistemas de climatização convencionais não têm sido a solução mais apropriada para resolver as questões de preferências térmicas individuais. Isto porque este tipo de sistema adota uma estratégia de controle para controlar a temperatura e/ou o volume de ar fornecido ao ambiente para manter uma distribuição de temperatura uniforme no espaço, e esta deve permanecer constante durante todo o tempo de ocupação, não levando em consideração as preferências térmicas individuais.

Pesquisas internacionais e desenvolvidas no Brasil sobre ambientes climatizados têm demonstrado que o conforto térmico está entre os mais importantes atributos de um escritório, contudo não está sendo bem promovido (HARRIS, 1980; HARTKOPF et. al., 1985; SCHILLER, 1988; HEDGE, 1992; LEITE, 1997; ORNSTEIN et. al., 1999).

Em ambientes de escritórios climatizados, diversos autores atestam, através de suas pesquisas (BAUMAN; LEITE, 2003; FISK; FAULKNER; SULLIVAN, 2004), características positivas do sistema de condicionamento de ar com insuflamento pelo piso frente ao sistema de insuflamento pelo teto.

Através do sistema de insuflamento pelo piso é possível utilizar dispositivos de conforto personalizado; Fanger, entre outros pesquisadores (1973, 1985, 1986 e

1989), demonstra em vários estudos que o conforto personalizado levará a uma maior produtividade dos funcionários, maior satisfação e melhor rendimento. E o resultado de se ter o controle individual é uma grande economia em custo de pessoal e operacional nos edifícios.

Estudos recentes têm demonstrado que quando o usuário tem o controle das condições de conforto térmico no seu micro-clima, o que não é possível no sistema convencional, existe um impacto positivo na produtividade (HUIZENGA; ABBASZADEH; ZAGREUS; ARENS, 2006).

Esses estudos no campo de conforto individualizado (personalizado) tem sido desenvolvidos na *Berkeley University - International Centre for Indoor Environment and Energy, Department Of Mechanical Engineering* por Bauman em parceria com a Johnson & Johnson e Argon Corporation e Japão (TSUZUKI; ARENS; BAUMAN; WYON, 1999), como também na *Technical University Of Denmark*, por A. K. Melikov (MELIKOV; CERMAR; MAJER, 2002) e, mais recentemente no Brasil, na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, por Leite (2003, 2004).

Os estudos acima descritos mostram a necessidade de se promover conforto individualizado, dado que existe um número crescente de pessoas que desejam controlar o seu micro-clima, task/ambient conditioning systems, sejam por questões de saúde como de produtividade. Mas a questão central não é se eles deveriam, mas como poderiam.

Há também a evidência que o controle personalizado tenha mais um efeito positivo, pois, “quando as pessoas possuem o controle do seu conforto, a eficiência da energia imposta ao ambiente fica muito próxima à energia utilizada pelos usuários, gerando economia ao sistema” (D. HAWKES, 1982, *Energy and Buildings* 5, p. 127–134).

De acordo com estudos na área da saúde, “foram relatados poucos casos de doenças ou sintomas por causa da qualidade do ar em ambientes climatizados com controle personalizado, e por conseqüente grande aumento de produtividade” (S. WILSON, A. HEDGE, 1987, *The Office Environment Survey: A Study of Building Sickness, Building Use Studies*, London).

Tendo em vista os benefícios que o conforto personalizado pode oferecer na saúde e no sistema produtivo de trabalho, justifica-se o desenvolvimento de um dispositivo para conforto personalizado que certamente contribuirá para a qualidade do ar nos

postos de trabalho, porque promove o insuflamento de ar limpo e fresco na zona de respiração, pois ar limpo significa a ausência de menos particulado e fresco porque está bem próximo da zona de respiração do usuário (KACZMARCZYK; ZENG; MELIKOV; FANGER, 2002; CERMAK; MAJER, 2004, 2005).

As razões elencadas acima motivaram a Prof^a Dr^a Brenda C. C. Leite a desenvolver um dispositivo para conforto personalizado, ou de tarefa, que é um componente passivo, que deverá ser incorporado aos sistemas de insuflamento de ar pelo piso, para fornecer ar diretamente na zona de respiração dos ocupantes.

Esse dispositivo deverá conter graus de liberdade de movimento de modo a proporcionar em cada estação de trabalho um microclima de acordo com as preferências individuais, o qual será resultante dos ajustes da vazão e direção do ar fornecido no local.

É importante ressaltar que o funcionamento do dispositivo em questão é dependente da estratégia de controle do sistema de distribuição de ar pelo piso ao qual será incorporado. O referido produto será desenvolvido no âmbito da EPUSP, tendo como colaboração uma empresa de *design*. Para esse desenvolvimento, foi utilizado um método próprio. Embora o método utilizado pela empresa seja o mais usado comercialmente, que é apresentado no capítulo 7, vislumbrou-se a necessidade de um método de projeto de produto mais adequado para se aplicar no desenvolvimento de produtos novos no ambiente acadêmico.

Sendo assim, propõe-se, com esta pesquisa, elaborar um método novo com características mais formais, do ponto de vista da academia, tendo como objeto de referência o dispositivo de conforto personalizado desenvolvido pela referida Professora.

Esse método novo será baseado em métodos já existentes e deverá considerar aspectos relacionados à criatividade, estética, semiótica, ergonomia e aplicação de tecnologia de ponta no desenvolvimento de produto.

Neste contexto, considera-se que este trabalho poderá também contribuir para futuras pesquisas na integração de conhecimentos de *design* e engenharia.

1.1 Justificativa

O problema definido no presente trabalho é complexo e pode ser solucionado de diversas formas. Uma delas consiste em desenvolver um método de projeto que seja aplicado no desenvolvimento de um produto no meio acadêmico, pois um método de projeto é algo imprescindível para a atividade de *design*.

Esse método irá definir a forma como um produto pode ser desenvolvido e as etapas do projeto que será desenvolvido, seus caminhos e procedimentos. Além disso, o método de projeto se destina especificamente ao estudo e aplicação, tornando-o sistemático e capaz de integrar conhecimentos de diversas áreas (interdisciplinaridade). Ele será pautado nos conceitos abordados a seguir: o *design*, a comunicação e a semiótica. Esses conceitos devem fornecer efetivamente a base para que o projeto possa ser desenvolvido pelo método de projeto de produto e conseqüentemente poderá ser aplicado no desenvolvimento do dispositivo de conforto personalizado que foi desenvolvido pelo escritório de *design* através de outro método de projeto e/ou outro produto de inovação tecnológica.

1.1.1 O Design, como Atividade Multidisciplinar

O *Design*, como atividade multidisciplinar, pode ser definido de diversas formas e estas definições podem relacionar-se com diversas áreas do conhecimento. Estas definições convergem de tal forma que podem auxiliar no relacionamento do homem com os objetos de uso, ou com sistemas de informação satisfatoriamente. A fim de promover conforto e transmitir beleza.

O *Design* é uma atividade que promove atuações em diversos ramos como em projetos de mobiliário, de eletrodomésticos, de calçados, de jóias, de moda e de comunicação visual.

Para promover os subsídios necessários à formação acadêmica do *designer*, deve-se considerar o caráter interdisciplinar e, assim, aproximar diversas áreas do conhecimento humano, resultando numa atividade complexa que exija estudo

aprofundado de diversas disciplinas que envolvem criatividade, estética, tecnologias, comunicação, semiótica, engenharia e outras.

“*Design* é o processo de adaptação do entorno objetual às necessidades físicas e psíquicas dos indivíduos da sociedade [...] *Design* de produto é o processo de adaptação de produtos de uso de fabricação industrial às necessidades físicas e psíquicas dos usuários e grupos de usuários. (LÖBACH, 1976, p. 61)”.

Denis (2000), de forma prática, afirma que o *Design* “é uma atividade que gera projetos, no sentido objetivo de planos, esboços ou modelos”. O objeto de uso ou o sistema informacional deve efetivar a comunicação com seu usuário, utilizando seus atributos configuracionais – como sua forma, sua cor, sua textura – fazendo com que esse atributos exteriorizem o valor de seu conteúdo e com que tenham significado para o público alvo.

A exteriorização do significado dos objetos de uso ou dos sistemas informacionais efetivamente acontece quando o *designer* consegue compreender de forma aprofundada o repertório e os signos que produzem significados relevantes na mente do usuário.

O conhecimento do repertório e o estudo dos signos referem-se à Teoria da Comunicação e à Semiótica, pois têm relevância no sentido de obter subsídios para investigar o público-alvo e produzir objetos de uso adequados.

Ainda com base na fundamentação teórica e a aplicação do método no desenvolvimento de produto, prossegue-se com algumas reflexões sobre o estudo da Teoria da Comunicação e da Semiótica.

1.1.2 Teoria da Comunicação

A Teoria da Comunicação surgiu em meados do século XX com o objetivo de solucionar os problemas que ocorriam na transmissão de mensagens através de rádio e telégrafos. Nessa época era ainda chamada de teoria da informação, pois estaria preocupada apenas com a quantidade de informação que era transmitida. (TORRES, 2006).

Na década de 70, além da preocupação com a quantidade, houve a preocupação com a qualidade das mensagens e a ciência passa a ser chamada de Teoria da Comunicação. A partir desta época, foi utilizada para analisar elementos constituintes de informação e comunicação em outras áreas do saber.

A comunicação só será efetivada quando o indivíduo conseguir se relacionar com os objetos de uso ou os sistemas informacionais. Além de compreender seus aspectos funcionais, estéticos, comunicacionais e semióticos.

No processo comunicacional, há um aspecto muito relevante que é o repertório. Repertório é todo o conhecimento adquirido durante a vida do indivíduo levando em consideração, entre outros, os aspectos tecnológicos, estéticos culturais e sociais.

Além do estudo dos conceitos de informação, de comunicação e de repertório no *Design*, a Teoria da Comunicação possui outros conceitos que são de relevância para o *Designer*.

O estudo aprofundado de conceitos com Audiência, Originalidade, Novidade, Signo Novo, entre outros, fazem com que o *designer* tenha subsídios para compreender o processo de comunicação entre o produto e o usuário.

Os conceitos de Teoria da Comunicação poderão fazer compreender que o *Designer* não produz objetos para si, que o essencial é fazer com que usuário se identifique intimamente com objeto, pois “na configuração do produto se mostram os atributos que constituem a sua possibilidade de comunicação, a sua cara” (NIEMEYER, 2003).

Portanto, pretende-se que o método de projeto proposto contribua com tais conhecimentos no desenvolvimento de produto e seja criado de tal forma, que possua uma comunicação própria ao usuário como objeto plástico.

1.1.3 Semiótica

A Semiótica, ciência filosófica desenvolvida por Charles Pierce, “que investiga os modos como apreendemos qualquer coisa que aparece à nossa mente” (SANTAELLA, 2002), é conhecida como a Teoria dos Signos.

“Signo é toda coisa que substitui outra, representado-a para alguém, sob certos aspectos e em certa medida” (PIERCE apud PIGNATARI, 2002).

A comunicação ocorre a partir da associação de signos. Assim, quando se fala, quando se gesticula, quando se observa paisagens, quando se sente odores, quando se ouve música, pode estar acontecendo uma experiência sgnica.

De acordo com Pierce, o signo estaria composto de trs vrtices do que se chama de tricotomia: a primeira no nvel do Representmen, a segunda do Objeto e a terceira do Interpretante, ilustrados na Figura 1.

Figura 1 – Associao de signos – (Pignatari, 2002)

O Representmen corresponde ao processo de significaes, o suporte das significaes. O Objeto o modo como o signo se refere quilo que ele representa e o Interpretante a possibilidade de interpretao promovida pelo signo.

Quanto a seu modo de apresentao, o signo classificado como cone, ndice ou smbolo.

O cone se configura quando o signo tem semelhana com o objeto ao qual remete, continuando com caractersticas formais bastantes semelhantes ao objeto; o ndice ocorre quando o signo se processa atravs de vestgios do objeto, como uma contiguidade e o Smbolo quando o signo se d atravs de uma conveno ou de processos culturais.

Portanto, o entendimento de signo, cone, ndice, smbolo e do processamento da mensagem na mente do usurio pode definir o incio do processo projetual.

Considerando os conceitos expostos, o método de projeto para o desenvolvimento de produto a ser elaborado seja aberto, integrando diversas áreas do conhecimento humano, tendo como referência para sua elaboração os procedimentos que foram utilizados na criação do dispositivo de conforto personalizado pelo Escritório de *Design*.

O método de projeto aqui proposto deverá também atender às características observadas, com uma estrutura adaptável que possa se adequar com mais facilidade às diversas realidades do projeto. Deve favorecer, também, a integração de áreas de conhecimentos distintos em torno do desenvolvimento do produto. Em outras palavras, sua estrutura deve facilitar o desenvolvimento de diversos enfoques que se complementam.

Portanto, pretende-se que o método de projeto elaborado por meio desta pesquisa seja também ser aplicado no desenvolvimento de novos produtos, tanto no meio acadêmico como na indústria.

1.2 Objetivos

Esta pesquisa faz parte do desenvolvimento de um produto e tem como objetivo elaborar um método de projeto de produto que possa ser aplicado na área de desenvolvimento tecnológico de produto e/ou novos produtos, no âmbito acadêmico, tendo como objeto de referência um dispositivo para conforto térmico personalizado.

Os objetivos específicos da pesquisa são:

- Análise e estudo dos métodos de projetos de produto: Bonsiepe (1981), Pahl e Beitz (1996), Baxter (1998), Moraes e Mont'Alvão (1998), Munari (2002 e Pugh (2002) encontrados na literatura e a tese de Santos, 2005;
- Propor um método conceitual de projeto aberto para desenvolvimento de produto, aplicado no desenvolvimento de um produto no meio acadêmico, com base no estudo e adequação de outros métodos já existentes, citados anteriormente;

- Implementar o método proposto nesta pesquisa através de um estudo de caso de um produto desenvolvido num escritório de *design*, no caso o dispositivo para conforto térmico personalizado;
- Análise dos resultados obtidos por meio da comparação do método aberto de projeto de produto proposto e o método aplicado no desenvolvimento do dispositivo pelo escritório de *design*.

1.3 Organização do Trabalho de Dissertação

O texto da dissertação foi estruturado em 9 capítulos, da seguinte forma:

- **Capítulo 1** – apresenta a introdução e a justificativa para o desenvolvimento do trabalho, seus objetivos e a organização da dissertação;
- **Capítulo 2** – destina-se à apresentação da revisão bibliográfica no que se refere aos métodos de projeto de produto levantados e estudados;
- **Capítulo 3** – descreve a metodologia da pesquisa, com a descrição dos procedimentos e etapas para desenvolver o método de projeto proposta neste estudo;
- **Capítulo 4** – apresenta a proposta de um método aberto de projeto de produto que pode ser aplicado no meio acadêmico e/ou na indústria e também destina-se à apresentação da descrição teórica do método de projeto proposto nesta pesquisa, pois descreve o planejamento da pesquisa empregada, com a descrição do processo de intervenção de criação do método;
- **Capítulo 5** – apresenta a aplicação parcial do método proposto nesta pesquisa, tendo como exemplo o desenvolvimento do dispositivo de conforto personalizado;
- **Capítulo 6** – apresenta a descrição do estudo de caso do desenvolvimento de um dispositivo de conforto personalizado pelo escritório de *design* sob a coordenação da orientadora desta pesquisa;

- **Capítulo 7** – destina-se a uma análise do método utilizado pelo escritório de *design* em comparação ao método proposto nesta pesquisa, com o propósito de validá-lo e/ou melhorá-lo;
- **Capítulo 8** - engloba as conclusões e as considerações do método proposto neste trabalho e as propostas para trabalhos futuros.

E finalmente, são apresentadas as referências e bibliografias que subsidiaram o embasamento teórico desta pesquisa e os apêndices.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica apresentada a seguir representa a fundamentação para o desenvolvimento do método proposto e contempla os principais autores da área de desenvolvimento de produto.

A escolha dos métodos para realização desse estudo foi feita por meio da análise e estudo dos mesmos quanto aos seus pontos positivos e enfoques. Esses métodos contribuíram com grande relevância na construção do novo método proposto, no que tangem os seguintes aspectos positivos e enfoques, respectivamente: **Bonsiepe (1981)**, na valorização da análise e problematização (Análise e Pesquisa); **Pahl e Beitz (1996)**, no detalhamento da fase de concepção (Engenharia); **Baxter (1998)**, baseado em experiências de mercado (*Design*); **Moraes e Mont'Alvão (1998)**, detalhamento da questão ergonômica, (Ergonomia); **Munari (2002)**, método adequado para *designers* iniciantes (Processo Criativo) e **Pugh (2002)**, relação entre as etapas para desenvolvimento do produto (Engenharia).

2.1 Introdução

É a observação ou descoberta de uma necessidade humana que basicamente desencadeia o processo de *design*. Esta necessidade precisa ser atendida pelo desenvolvimento de um novo produto ou do reprojeto de um produto já existente. Portanto, irá gerar um problema de projeto a ser solucionado. Um processo de *design* bem estruturado, capaz e sistemático será o fator chave para o sucesso do produto.

Pesquisas apontam que as principais características sobre o processo de design mostram a necessidade de métodos de projeto, que possam atender às demandas de integração, flexibilidade e multidisciplinalidade que os métodos fechados podem não trabalhar adequadamente (SANTOS, 2005).

Existe uma grande quantidade de métodos e técnicas que visam resolver os problemas e questões que envolvem o desenvolvimento de produto, mas não se pode dizer que há um método ou técnica únicos que atendam a todas as situações possíveis. Dentre os diversos métodos existentes, foram selecionados alguns para serem estudados e servirem de base para o desenvolvimento da pesquisa, os quais são comentados nos próximos capítulos.

É importante ressaltar a diferença entre metodologia, método de desenvolvimento de projeto e técnica de desenvolvimento de projeto:

- **Metodologia** é o estudo dos métodos, técnicas e ferramentas e de suas aplicações à definição, organização e solução de problemas teóricos e práticos (BOMFIN, 1995).
- **Método de projeto** é o processo no qual o *designer* faz uso para chegar a uma solução, considerando todas as características e processos onde um produto deverá passar para atender às funções pré-determinadas com satisfação.
- **Técnicas de desenvolvimento de projeto** são itens utilizados segundo a necessidade e/ou conveniência do *designer* para auxiliar no processo de desenvolvimento do projeto.

Além do que, o método de projeto precisa representar graficamente, de forma mais adequada, como o processo de *design* acontece. Essa representação costuma ocorrer sob a forma de fluxogramas (métodos fechados), que nem sempre indicam as reais ações que deverão ser realizadas pelos *designers*.

2.2 Revisão das Metodologias de Projeto de Produto de Alguns Autores

A velocidade e a dinâmica imposta pelo mercado, provenientes dos clientes, concorrentes ou a indústria, exige uma flexibilidade muito grande e determina a necessidade de se dominar as várias formas de buscar e atingir o sucesso de um produto em um espaço de tempo muito curto.

A tecnologia cada vez minimiza o tempo de desenvolvimento de um produto, mas a pesquisa e a metodologia necessárias para conhecer o desejo do cliente e dos empresários ainda é compilada, na sua grande parte, pela intuição do *designer* que utiliza de dados levantados, tendências e procedimentos técnicos, assegurando-se de certo modo o caminho escolhido para o projeto e minimizando riscos dos investimentos aplicados no processo de seu desenvolvimento.

A análise das metodologias tem como escolha a aplicabilidade e a sedimentação que cada autor transmite, principalmente no meio acadêmico.

Os autores dos métodos abaixo são reconhecidos pelas suas técnicas de pesquisa e da iniciativa de gerar não só uma metodologia, mas várias alternativas que, no final do trabalho, afunilam em um mesmo sentido: o de ter solucionado um problema de *design* que atenda ou vá além da necessidade do cliente.

Muitos autores propuseram métodos para o desenvolvimento de produtos; no trabalho proposto nesta pesquisa foram estudados os autores com maior destaque principalmente no ensino superior de design de produto, onde cada autor tem um enfoque diferenciado na sua abordagem e no processo de desenvolvimento do produto.

2.2.1 BOMFIM (1995)

Afirma que uma metodologia é necessária devido à complexidade crescente das variáveis envolvidas em um projeto e sugere um modelo, apresentando cinco pontos principais que determinam o desenvolvimento deste projeto, tais como, o *Designer*, a Empresa, o Consumidor, a Sociedade como Instituição determinando as políticas econômicas e o Produto em si que representa a necessidade do mercado produtor e do mercado consumidor.

Ainda salienta que “métodos são ferramentas utilizadas no desenvolvimento de um produto e dependem sempre da capacidade técnica e criativa de quem os utiliza”.

2.2.2 BAXTER (1998)

Prioriza as questões mercadológicas quando diz que a inovação é um ingrediente vital para o sucesso dos negócios, onde o planejamento inclui: identificação de uma oportunidade, pesquisa de marketing, análise dos produtos concorrentes, proposta do novo produto, elaboração das especificações da oportunidade e a especificação do projeto. O autor afirma que são quesitos fundamentais para fazer frente à concorrência industrial, como estratégia empresarial inovadora, propondo redução de custos e criação de uma identidade ou estilo no produto.

2.2.3 LÖBACH (2000)

Afirma que todo o processo de Design é tanto um processo criativo como um processo de solução de problemas concretizado em um projeto industrial e incorporando as características que possam satisfazer às necessidades humanas de forma duradoura, podendo se desenvolver de forma extremamente complexa dependendo da magnitude do problema, e a divide em quatro fases distintas: Análise do Problema, Geração de Alternativas, Avaliação das Alternativas e Realização da Solução do Problema. Embora nunca sejam separáveis no caso real, elas se entrelaçam umas às outras com avanços e retrocessos durante o processo de projeto.

2.2.4 BACK (1983, 2008)

Afirma que as fases de um projeto de produto industrial podem ser estabelecidas de diferentes formas, com maior ou menor detalhamento e, determina os seguintes pontos principais: Estudo da Viabilidade do Projeto; Projeto Preliminar; Projeto Detalhado; Revisão e Testes; Planejamento da Produção; Planejamento do Mercado; Planejamento para o Consumo e Manutenção e o Planejamento da Obsolescência.

BACK (1983) tem uma visão global do processo que envolve a metodologia, e quais pontos tem maior ou menor impacto no desenvolvimento do produto e ressalta que o custo de se desenvolver, produzir e vender são um determinante no ciclo de vida de um produto.

De acordo também com Back (2008), a pesquisa de tendências é perceber influências exercidas sobre um contexto e ler sua evolução buscando compreender suas futuras conseqüências. Um meio eficiente de auxílio na leitura de tendências sócio-econômicas é a internet, uma vez que surge como o meio de potencializar e democratizar as tendências e informações para auxiliar pesquisas e a criação de novos produtos e/ou produtos existentes.

2.2.5 BONSIEPE (et al., 1984)

Conclui que a metodologia não tem finalidade em si mesma, é só uma ajuda no processo projetual, dando uma orientação no procedimento do processo.

Oferecendo técnicas e métodos que podem ser usados em certas etapas, dessa forma ele diz que o *Designer* deve ter o controle e a decisão de qual a melhor alternativa a ser investida.

Como existem vários métodos, a seguir tem-se uma análise dos métodos que foram utilizados neste estudo como embasamento e fundamentação do método que será proposto.

2.3 Métodos de Projetos de Produto Selecionados

Os métodos de projetos de produto foram selecionados com base nas análises de Santos, 2005, em artigos selecionados da área de *design* de produto (BAXTER, 1998; BEZERRA, 2007; BONSIEPE et al., 1984; BOMFIM, 1995; KLEIN, 1992; JORDAN, 1998; KONG et al., 2003; MAGALHÃES, 1995; MORAES, MONT'ALVÃO, 1998; MUNARI, 1998; PAHL, BEITZ, 1996; PUGH, MORLEY, 1986, 1988; SOUZA,

COELHO, 2003; TORRES, 2006) e da literatura (BAXTER, 1998; FALZON, 2007; IIDA, 2005; JORDAN, 1998; KAMINSKI, 2000; LÖBACH, 2001; MENEZES, 2001; MUNARI, 1998; OSTROWER, 2008; PHILLIPS, 2008; PIGNATARI, 2002; PUGH, 2002; DUL, WEEDRDMEESTER, 1993; IVERGARD, 1989; LESKO, 2004; NORMAN, 1998). Objetivando selecionar os autores mais utilizados no ensino de *design* industrial no Brasil utilizou-se também como parâmetro as Diretrizes Curriculares Nacionais para ensino de graduação – **Apêndice A**.

A seguir, apresenta-se uma descrição e análise dos métodos relacionados neste estudo, que são mostrados graficamente através de fluxogramas de acordo com os modelos originais. Também são apresentadas as seqüências e ações desenvolvidas pela equipe de engenheiros e *designers* durante o desenvolvimento do produto que substanciaram a criação do método aberto de projeto de produto desenvolvido neste estudo.

2.3.1 Método BONSIEPE

Gui Bonsiepe, *designer* alemão, apresenta uma metodologia em que constam etapas desde o descobrimento e valoração da necessidade até a fabricação em pré-série. Pode-se notar a separação entre duas etapas fundamentais: a estruturação do problema projetual e o projeto propriamente dito.

Este pesquisador chama atenção para a importância de um enfoque em relação ao problema a ser atendido como forma de tornar consistente a solução adotada.

Neste caso é observada uma maior amplitude em relação ao **processo projetual**, que inclui etapas como: construção de protótipos e fabricação da pré-série; etapas importantes para que, através de um **processo de feed back**, sejam estabelecidos parâmetros para novos projetos com base em erros e acertos dos projetos desenvolvidos.

Este método divide-se em cinco etapas, ilustradas na Figura 2. O método de projeto de Bonsiepe, 1984, apresenta três etapas que são a **Problematização do Projeto**,

Definação do Problema e Geração de Alternativas, na qual tem uma grande ênfase no processo de *design* (fase inicial).

Quando comparado com os demais métodos que serão apresentados a seguir, o método proposto por Bonsiepe apresenta-se incompleto e pouco detalhado.

Por se tratar de um método fechado, não aborda questões de mercado, gestão e estratégia, não indica em sua estrutura a ergonomia, fabricação e aspectos tecnológicos.

Figura 2 - Método proposto por BONSIEPE.
Fonte Adaptada: Bonsiepe (1984).

O método de Bonsiepe apresenta uma ênfase na **Análise e Estruturação do Problema**, confirmando que as fases iniciais do projeto, são fundamentais para o sucesso do produto, a fim de se chegar um resultado final adequado.

2.3.2 Método PAHL e BEITZ

É um método de projeto com sua origem na engenharia. Segundo Pahl e Beitz, o processo de projeto pode ser dividido nas seguintes quatro etapas: **Clarificação das**

Necessidades (*clarification of the tasks*); **Projeto Conceitual** (*conceptual design*); **Projeto Preliminar** (*embodiment design*); e **Projeto Detalhado** (*detail design*).

A atuação de computadores tem atenuado o progresso dentro do processo de projeto no sentido inverso das fases deste (Klein, 1992).

Pode-se entender que na metodologia proposta por Pahl e Beitz (1996), inclusive, eles propõem as bases para se desenvolver um Sistema de Projeto Auxiliado por Computador, aplicado à fase de Projeto Conceitual.

Devido a isso, há a necessidade de vasto uso da criatividade por parte do projetista, concluindo que há grande influência dessa capacidade criadora na qualidade final do projeto.

Além disso, pode-se constatar serem necessários dois tipos de conhecimento pelo projetista: o conhecimento das soluções técnicas (como fazer); e o conhecimento do processo de projeto (como proceder). Assim, durante a concepção, o projetista utiliza toda sua capacidade intelectual e diversificação de conhecimentos, lançando mão constantemente de sua experiência pessoal e criativa.

Nessa fase, lança-se mão da abstração – ou a colocação do problema em termos genéricos, representados por um ou mais verbos, representando a ação desejada, e um substantivo, representando o objeto da ação, o que permite vislumbrar outros pontos de vista e outras soluções, além de se ter uma visão mais global do problema; isso permite ainda vislumbrar outras soluções para o problema.

Pahl e Beitz (1996) colocam tal tema em termos de “**generalização**”, afirmando ser necessário expressar o problema a resolver em forma de uma solução neutra.

No método proposto por esses autores, cada etapa é constituída por uma lista de atividades e objetivos que deverão ser atingidos, quando o processo é então finalizado com a documentação do produto e a sua solução.

O detalhamento (lista de verificação) destas ações é importante, pois permite um acompanhamento mais adequado no andamento do projeto, assim colaborando para que nenhuma atividade seja deixada de lado.

Figura 3 - Método proposto por PAHL E BEITZ.

Fonte Adaptada: Pahl e Beitz (1996).

O fluxograma apresenta idas e vindas, com uma realimentação constante entre as ações; o processo é dinâmico e em constante construção. Porém este método não leva em consideração assuntos que envolvem mercado, venda do produto e outros aspectos relacionados comerciais.

2.3.3 Método BAXTER

De acordo com Mike Baxter, é necessário gerar o maior número possível de conceitos e fazer a seleção daquele conceito mais adequado ao projeto - **Processo do Projeto Conceitual**.

O objetivo definido por este autor quanto ao projeto conceitual está de acordo com as restrições, os limites do problema identificado e a proposta do benefício básico para que culmine no desenvolvimento da função do produto e sua respectiva morfologia.

Após a definição do benefício básico e de levantadas todas as informações preliminares para desenvolver o projeto conceitual, o próximo passo é a geração de conceitos que é feita para reduzir o problema do projeto conceitual aos seus elementos básicos e utilizando-se métodos para analisar diferentes características possibilitando um grande volume de alternativas possíveis.

Isso se faz necessário para uma análise da tarefa, com base na observação da interação do produto com o usuário. Esta observação é minuciosa e observa como o usuário interage com o produto; conseqüentemente a ergonomia e a antropometria são levadas em consideração na análise desta tarefa como parâmetros que norteiam esta etapa do projeto de desenvolvimento do produto (Baxter, 1998).

Após a análise acima, o autor apresenta uma série de ferramentas que auxiliam na geração de conceitos. Entre elas, uma etapa que se refere **à análise das funções do produto**, feita de maneira descritiva, seguindo a sequência a seguir:

Estabelece-se primeiramente a função principal do produto, com questões de como executar a tarefa a partir das respostas; utiliza-se novamente a pergunta “como ?” até se obter de forma descritiva e racional a análise da tarefa e função do produto em questão.

A partir das respostas obtidas pode-se iniciar a geração de conceitos. No desenvolvimento do presente conceito segue a análise das funções – matriz para a geração dos conceitos.

Outra ferramenta utilizada neste método é a **análise do ciclo de vida do produto**, que é utilizada bastante para diminuir a agressão ao meio ambiente, uma vez que deve-se considerar todo o processo de desenvolvimento do produto, do ponto da entrada da matéria prima até o seu retorno à fábrica – ciclo fechado.

A análise do ciclo de vida do produto considera a questão da logística também, visando a otimização por meio de novas soluções.

Após avaliar as funções do produto, o próximo passo é a discussão sobre a **morfologia e semiótica do produto** através de painéis iconográficos do estilo de vida, expressão do produto e tema visual. O **painel iconográfico** deve possuir imagens que representem, ou traduzem o quê o produto precisa demonstrar ou como o produto deve ser interpretado pelo público alvo.

De acordo com Baxter, segue-se para a última etapa com a reunião dos conceitos mais adequados ao projeto, gerados a partir das ferramentas descritas nos parágrafos anteriores. Em seguida, faz-se uma análise dos melhores conceitos – análise comparativa, através dos aspectos positivos e negativos e em seguida são mesclados.

Após uma ou duas rodadas de misturas de conceito, finalmente é gerado o **conceito final do produto**.

Uma outra ferramenta utilizada na elaboração do conceito é a **análise de valor**.

“Uma ferramenta utilizada para reduzir custos de produção de bens e serviços e aumentar o valor para o usuário. Consiste basicamente em identificar as funções de determinado produto avaliá-las e finalmente propor uma forma alternativa de desempenhá-las de maneira mais conveniente do que a conhecida” (CSILLAG, 1995).

A ferramenta de **análise de valor** pode ser utilizada de forma parcial no projeto com ênfase na parte da percepção do valor tanto por parte da empresa que o adquire quanto por parte do usuário, que nem sempre são as mesmas pessoas.

Os valores podem ser representados por unidades de avaliação e são utilizados como meio de hierarquização dos atributos do produto que está sendo desenvolvido. Os valores que são estudados e discutidos no desenvolvimento do produto podem

ser adaptados quanto aos seus conceitos de Valor de Uso, Valor de Estima e Valor de Troca, que são definidos a seguir:

- **Valor de Uso**, como unidade de avaliação das propriedades ou qualidades que possibilitam o desempenho de uso, trabalho ou serviço;
- **Valor de Estima**, como unidade de avaliação das propriedades e características ou características atrativas que tornam desejável a sua posse;
- **Valor de Troca**, como unidade de avaliação das propriedades ou qualidades de um item que possibilitam sua troca por outra coisa.

Um fator importante na análise de valor é que serve como ferramenta para avaliação de aspectos relevantes na concepção do transporte de carga (logística).

O método proposto por Baxter em 1998 aborda, a princípio questões que envolvem planejamento e gestão e o negócio da organização (empresa). Segundo Santos, 2005, este método destaca a questão do *design*, integrado-o como um elemento do sistema de gestão organizacional.

Ao contrário de outros métodos, o projeto se inicia apenas na fase de problematização (definição de necessidades); este início é ampliado para uma atuação mais estratégica e menos operacional (Magalhães, 1995), possibilitando um retorno maior para o investimento realizado, e por consequência, trazendo maiores contribuições para o processo.

O método de Baxter mostra o nível de investimento necessário em cada etapa (viabilidade e especificação, projeto e desenvolvimento, engenharia de produção, fabricação e vendas), conforme mostra a Figura 4.

Figura 4 - Método proposto por BAXTER.
Fonte Adaptada: Baxter (1998).

De acordo com Santos, 2005, o método proposto por Baxter destaca alguns fatores que são importantes para o sucesso ou fracasso de um produto no mercado, e que estão relacionados com o desenvolvimento do produto:

- Orientação pelo mercado;
- Elaboração de estudos de viabilidade e especificação;
- Qualidade de desenvolvimento.

Durante o processo de *design*, as tomadas de decisão ocorrem nas etapas 2, 4, 6, 8, 10 e 12 (em destaque no fluxograma da Figura 4), sendo uma questão de muita importância durante todo o projeto, pois a equipe é obrigada a participar deste processo.

A estrutura do método de Baxter é fechada, não indica ações que envolvam ergonomia e venda, por exemplo, quanto à parte do projeto conceitual e o projeto detalhado são pouco explorados.

2.3.4 Método MORAES e MONT'ALVÃO

O método de projeto apresentado por Moraes e Mont'Alvão em 1998, tem como origem a ergonomia do produto. Neste método são definidos procedimentos e ações para análise e projeto do Sistema-Homem-Máquina-Tarefa.

Para Moraes e Mont'alvão (1998) a análise da tarefa é uma metodologia que se utiliza de técnicas específicas para a coleta de informações de um sistema, para posteriormente realizar a organização destas informações, com o propósito de fazer julgamentos e que ajuda na tomada de decisões para desenvolver o produto.

De acordo com essas autoras, a avaliação de um sistema possibilita desenvolver uma imagem detalhada de todo o sistema a partir da ótica humana através deste método.

Moraes e Mont'alvão (1998) afirmam ainda que uma tarefa é uma conexão de fatores comportamentais, sejam eles, perceptual, cognitivo e motor, que estão relacionados entre si e se organizam para atingir a um determinado propósito. As tarefas podem ser simples (ligar uma lâmpada), moderadamente complexas (ler uma revista) ou altamente complexas (diagnosticar um fenômeno).

É indicado para projetos onde a ergonomia é muito importante no desenvolvimento do produto. De acordo com o fluxograma abaixo, ilustrado na Figura 5, a primeira etapa do método – **Apreciação Ergonômica** compreende um mapeamento dos problemas existentes no sistema-homem-tarefa-máquina (fase exploratória), onde se tem o contato entre o usuário e o sistema que está sendo analisado.

Em geral, nesta etapa há um levantamento dos problemas através de algumas técnicas, tais como: Quadros de Ordenação Hierárquica, Posição Serial do Sistema e Modelagem Comunicacional, Observações *in loco*, Registros Fotográficos, aplicação de Questionário de Perfil, aplicação do *Corlett* e Entrevistas Semi-Estruturadas com os usuários do sistema analisado, Tabela G.U.T. e Quadro do Parecer Ergonômico.

Na etapa de Apreciação Ergonômica reúne-se toda a informação adquirida e se finaliza com as sugestões preliminares de melhoria através do Quadro de Parecer Ergonômico.

Este método apresenta-se em seis principais etapas. As etapas secundárias deverão ser desenvolvidas de acordo com os procedimentos estabelecidos no fluxograma, ilustrado na Figura 5.

Figura 5 - Método proposto por MORAES E MONT'ALVÃO.
Fonte Adaptada: Moraes e Mont'Alvão (1998).

Quando cada etapa é concluída, deverá ser feita avaliação de desempenho (verificação se as metas foram atingidas), possibilitando a continuidade do desenvolvimento do produto.

Este fluxograma do método proposto por Moraes e Mont'Alvão, representa uma sequência linear, com alguns retornos para revisão e ajuste de eventuais problemas.

Entretanto, o método não trata de assuntos relacionados ao mercado e explora muito pouco o projeto conceitual e o detalhamento do projeto.

2.3.5 Método de MUNARI

O método de projeto proposto por Bruno Munari em 2002, tem uma estrutura simples, permite uma visão geral do projeto em que as atividades a serem desenvolvidas possuem uma linguagem clara.

Mas de acordo com Santos, 2005, essa simplicidade torna este método incompleto e deixa à parte vários questionamentos que são importantes em relação ao desenvolvimento de projeto de produto, pois não se relaciona com a parte gerencial e de estratégia; além disso, pouco detalha as questões de fabricação e engenharia, como as questões de mercado. A questão de ergonomia não é citada em sua estrutura, o que torna o método falho neste quesito.

Este método é inicialmente composto por quatro etapas de projeto, que são dedicadas para tratamento do problema e recolhimento de dados, enfatizando a definição do problema em sua estrutura; se apresenta fechado, com início, meio e fim pré-estabelecidos, mas sem indicar interferências em sua aplicação.

No fluxograma da Figura 6, esse problema é sub-dividido em partes e na etapa seguinte “Componentes do Problema”, pode-se analisar quais são os elementos desse problema.

Ao término dessa etapa, tem-se o “Recolhimento de Dados”, na qual o problema já está definido e analisado de forma clara e precisa, facilitando o trabalho de pesquisa.

Figura 6 - Método proposto por MUNARI.
Fonte Adaptada: Bruno Munari (2002).

O método de Bruno Munari destaca a “Criatividade” como um elemento principal e importante no processo de *design*, mas não detalha muito bem essa etapa. Em seguida, a “Definição de Materiais e Tecnologias” compõe a solução provisória para o projeto, também sem maiores detalhamentos.

As atividades que comprovariam a adequação da solução provisória adotada pela equipe de projeto seriam a “Experimentação”, “Modelo” e “Verificação e Desenho Construtivo”. Assim encaminha-se para a fase final do projeto que seria a “Solução”.

A estrutura deste método é linear e sequencial, não representa a forma como o projeto efetivamente ocorre quanto às suas interações e seus diversos fluxos de atividades e ações.

Um fator importante e que deve ser ressaltado neste método é sua linguagem clara e a estrutura simples, muito adequado para *designers* iniciantes e que pode ser utilizado em fases iniciais de projeto.

2.3.6 Método PUGH

Partindo-se do modelo proposto por Pugh em 1983, Pugh e Morley, em 1986 e 1988 melhoraram o modelo apresentando uma abordagem para a teoria geral do projeto que busca integrar a psicologia social dos grupos com trabalhos no campo do *design* e da engenharia, com uma abordagem interdisciplinar, na qual engloba o estudo das pessoas – **atividade**, dos processos – **gestão** e da contextualização – **estratégia**.

Pugh, em 1990, num guia de implementação de engenharia concorrente alinha-se à Escola de Relações Humanas focando as relações interdepartamentais – *multifuncional product development team*. Este autor, com a teoria do **Total Design Activity** busca uma aproximação clara com a psicologia social dos grupos (Pugh e Morley, 1988).

De acordo com o método Pugh de 2002, o projeto começa e termina no mercado. As fases centrais, investigação de mercado, especificação do projeto do produto, projeto conceitual, projeto detalhado, manufatura e vendas, como são previstos em outros modelos, são considerados universais e comuns para todo tipo de projeto.

Dependendo do projeto e/ou outras atividades, cada projeto requer diferentes tipos de informação, de técnicas e de gerenciamento distintos; então, para melhor compreender o modelo faz-se necessário considerar alguns conceitos associados ao mesmo.

Os conceitos de produtos estáticos e dinâmicos (Pugh, 1976), tem implicações na compreensão da atividade do projetista bem como sobre a sua gestão e fundamenta discussões em torno da estratégia do negócio. Ao representar o processo de projeto numa perspectiva de produto dinâmico, em outras palavras, destituído de uma base conceitual genérica, o autor enfatiza o caráter não estruturado do processo de concepção.

Comparando com os métodos anteriores, este acrescenta alguns dados interessantes ao desenvolvimento do projeto, à medida em que vincula o início e o final do projeto ao mercado consumidor, conforme ilustra a Figura 7.

Figura 7 - Método proposto por PUGH.
Fonte adaptada: Pugh (2002).

Para chegar à venda do produto, o método orienta o *design* do produto pelo mercado (enfoque comercial).

O processo de desenvolvimento de produto mostra uma flexibilidade porque o fluxo principal do projeto e a possibilidade que as atividades das etapas podem interagir garantem assim o sucesso do produto.

É claro no fluxograma que o projeto não estabelece um sistema rígido e imutável em relação ao seu desenvolvimento, existindo a troca de informações constantes durante todo o processo.

Por outro lado, a dependência entre as etapas do processo de design pode também afetar todo o processo e o resultado final. O método indica que a necessidade vem do mercado; a concentração é elaborada de acordo com a especificação e, por conseguinte, o detalhamento, confirmando assim essa dependência.

O método de Pugh não aborda questões quanto à ergonomia, pouco explora as fases de projeto conceitual e o projeto detalhado.

2.4 Análise dos Métodos de Projetos Selecionados

Os métodos de projetos vem sendo objeto de estudo de vários pesquisadores, com os mais diversos propósitos. Como exemplo podemos citar: **Medeiros**, em 1995 – gerenciamento de processo e modernização tecnológica; **Frisoni**, em 2000 – relacionou métodos de projeto com a ergonomia; **Basseto**, em 2004 – com o ensino das fases iniciais do projeto em cursos de engenharia mecânica.

Entretanto, na abordagem apresentada na presente pesquisa, fez-se necessária uma visão diferenciada sobre os métodos utilizados especificamente para o desenvolvimento de produto no meio acadêmico. Então, elaborou-se um relato sobre esses métodos de projeto e suas principais características, que constam na Revisão Bibliográfica.

Essas informações serviram de base para formatar o método de projeto de produto aqui apresentado.

Os seis métodos da área de projeto de produto que foram apresentados, trazem uma abordagem e um enfoque diferente, mas que ao mesmo tempo se complementam:

- **Bonsiepe, 1984** – enfoque mais científico, com ênfase na problematização e pesquisa;
- **Pahl e Beitz, 1996** – uma abordagem mais técnica (características de projeto de produtos na área de engenharia);

- **Baxter, 1998** – visão de negócio, inovação, investimento, gestão e planejamento estratégico do *design*;
- **Moraes e Mont’Alvão, 1998** – enfoque ergonômico e cognitivo do processo de *design*;
- **Munari, 2002** – visão voltada ao processo criativo;
- **Pugh, 2002** – visão de mercado, projeto integrado e interdisciplinar.

A relação de métodos selecionados integra criatividade, ergonomia, rigor processual, mercado e integração do projeto, risco e investimento, relação entre inovação, planejamento e gestão, visão sistêmica e engenharia. Essas características são importantes para o desempenho e sucesso do produto no mercado e se complementam, para a execução de um produto com mais qualidade e menos incerteza.

2.5 Considerações Acerca dos Seis Métodos de Projeto Analisados

Considerando os seis métodos de projeto analisados, permite-se concluir que a divisão em etapas (ações) é um processo constante, servindo como lista de verificação para guiar o projeto de produto e que é proposto no método apresentado por esta pesquisa. Todos os métodos aqui expostos tem um começo, meio e fim. Esses métodos apresentam uma divisão do projeto em três partes:

- Atividades que precisam ser definidas antes da criação do produto - **Preparação**;
- A criação do produto - **Criação**;
- Tudo a ser feito depois da criação do produto - **Verificação e Adequação**.

Os autores acima afirmam que existe interferência no método, mas nenhum dos métodos analisados foi desenvolvido de forma aberta, ou seja, planejado para sofrer interferências em sua estrutura.

A estrutura fechada desses métodos não indica que essas diversas ênfases podem ser integradas para o desenvolvimento do produto, deixando, portanto de abordar várias ações importantes para o projeto.

A seguir apresenta-se uma tabela comparativa dos métodos abordados, com seus principais enfoques, com base nas colocações de Santos, 2005, ilustrada pela Figura 8.

Método	Número de Etapas	Pontos Positivos	Pontos Negativos	Enfoque
Bonsiepe (1981)	05	Valorização da análise e problematização.	Deve ser usado apenas como método auxiliar; Não aborda mercado, ergonomia, gestão e estratégia; Exclui várias etapas do projeto; Pouco detalhado.	Análise / Pesquisa <i>Design</i>
Pahl e Beitz (1996)	04	Detalhamento da fase de concepção; Representação dos fluxos de projeto.	Não aborda mercado, gestão e estratégia.	Tecnologia Engenharia
Baxter (1998)	13	Abordagem estratégica; Relação com investimento; Baseado em experiências de mercado; Destaque para as tomadas de decisão.	Maior dificuldade para <i>designers</i> iniciantes; Etapa de concepção pouco detalhada; Não aborda a ergonomia;	Negócio / Estratégia <i>Design</i>
Moraes e Mont'Alvão (1998)	06	Detalhamento da questão ergonômica.	Não aborda questões de mercado, gestão e estratégia.	Ergonomia <i>Design</i>
Munari (2002)	11	Adequado para <i>designers</i> iniciantes; Linguagem de fácil entendimento.	Estrutura superficial e incompleta; Não aborda mercado, gestão e estratégia, ergonomia; Representação gráfica inadequada.	Processo Criativo <i>Design</i>
Pugh (2002)	06	Valorização do mercado; Relação entre as etapas	Etapa de concepção pouco detalhada; Não aborda a ergonomia; Pouco detalhado.	Mercado Engenharia

Figura 8 - Comparação dos seis métodos fechados.
Fonte Adaptada: Santos (2005).

Observa-se que os seis métodos selecionados apresentam algumas características em comum: divisão do projeto em etapas, estrutura fechada (modelo pronto), representação gráfica (através de fluxogramas); não tem indicação de como interferir em sua estrutura e enfoques específicos (criação, mercado, negócios, ergonomia e outros).

Baseado na análise dos seis modelos acima, foi elaborado o método de projeto de produto e descrito a seguir nos próximos capítulos.

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

A seguir são apresentados os procedimentos metodológicos utilizados para o desenvolvimento deste trabalho, como as definições acerca dos tipos de pesquisa, instrumentos e técnicas aplicadas na construção do trabalho acadêmico.

O presente estudo faz uso do conhecimento científico e se apropria dos seus métodos, técnicas e instrumentos como procedimentos metodológicos.

De acordo com Chafee, 2000, o conhecimento científico fundamenta-se na premissa de que o mundo é construído a partir de uma complexa rede de relações de causa e efeito. Conforme esse autor, o método científico pode ser dividido em algumas etapas. Em geral, a estrutura utilizada se divide em:

- Identificação de um acontecimento a ser investigado;
- Coleta de informações sobre o evento;
- Desenvolvimento de uma hipótese ou teoria;
- Teste da hipótese ou teoria através da experimentação;
- Avaliação dos resultados obtidos com a confirmação, ou não, das hipóteses ou teorias desenvolvidas.

O presente estudo utiliza-se de dois tipos de pesquisa: a bibliográfica e a experimental como procedimentos técnicos de natureza aplicada no desenvolvimento do método proposto neste estudo.

A primeira é usada para a definição do estado em que o tema escolhido e as suas relações com outras áreas do conhecimento contribui na solução do problema em questão, no caso, desenvolver um novo método de projeto de produto.

A segunda, pesquisa experimental, consiste no emprego de coleta de informações para elaboração e aplicação do método de projeto, quanto à sua validação através do estudo de caso do desenvolvimento de um produto desenvolvido por um escritório de *design*.

Trata-se de uma pesquisa com objetivos exploratórios, à priori, qualitativa que possa identificar ações e/ou atividades na utilização do método, como também avaliar os atributos ao método de projeto desenvolvido de forma mais adequada às necessidades desse estudo e do desenvolvimento de novos produtos.

3.1 Etapas da Pesquisa

O desenvolvimento da presente pesquisa consiste das seguintes etapas, ilustradas na Figura 9:

1. Revisão bibliográfica em grandes áreas do conhecimento: processo e métodos de *design* e de projeto de produto. Além de pesquisas na área de conforto térmico, conforto personalizado, tecnologia de insuflamento de ar pelo piso, com o propósito de consolidar o referencial teórico e desenvolvimento da pesquisa;
2. Levantamento e análise dos métodos de projetos existentes dos principais autores de *design*, a partir da tese de doutorado de Santos, 2005;
3. Identificação das ações e/ou sequências que podem ser aplicadas no desenvolvimento de produto, tendo, no caso, como referência o dispositivo de conforto personalizado para estudo de caso;
4. Elaboração de nova proposta de método de projeto para desenvolvimento de produto, que poderá sofrer alterações – método aberto, no decorrer da pesquisa;
5. Aplicação prática do método proposto, o qual especificamente será comparado com as etapas e/ou ações do método aplicado no desenvolvimento do dispositivo de conforto personalizado pelo *escritório* de *design* – em relação à sua estética, material, design e usabilidade, baseado no *briefing* proposto pela coordenação desta pesquisa;
6. Análise dos resultados obtidos na aplicação prática do método desenvolvido nesta pesquisa, no que diz respeito ao processo de desenvolvimento do

produto, no caso, a comparação do método proposto com o método aplicado pelo escritório de *design*.

7. Conclusão e definição das possíveis alterações do método proposto.

Figura 9 – Fluxograma das etapas da pesquisa.

Ressalta-se que as atividades de experimentação serão desenvolvidas por outros pesquisadores compondo um trabalho maior, sob a coordenação da Profª Brenda Leite, da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

A descrição das etapas acima, ilustradas na Figura 9, seguem-se nos próximos capítulos.

4 PROPOSTA DE UM MÉTODO ABERTO DE PROJETO DE PRODUTO – TRÊS ALTERNATIVAS DE CRIAÇÃO

O método de projeto para desenvolvimento de produto teve como premissa ser um método aberto e se baseou na análise dos métodos expostos nos capítulos anteriores quanto aos seus enfoques e na literatura. Esse método será doravante denominado, ***Método Aberto de Projeto de Produto – Três Alternativas de Criação - MAPP – 3A***, porque na sua aplicação o produto é desenvolvido através de três processos de criação para depois escolher uma única solução de *design*.

4.1 Descrição do Método Proposto

O método aberto aqui sugerido é aquele cuja estrutura estimula as interferências no decorrer do projeto, fazendo com que etapas sejam acrescentadas, retiradas e/ou desdobradas de acordo com objetivos específicos do produto em questão.

Essa interferência passa a ser requisito necessário para a execução do projeto, sem que haja a imposição de um modelo pronto, com caminhos pré-estabelecidos a serem percorridos (SANTOS, 2005).

Para a representação desse novo método optou-se utilizar um “Ciclo Radial de Macro Etapas de Desenvolvimento de Produto – Método Aberto de Projeto de Produto – 3 Alternativas de Criação, MAPP-3A”, ilustrado na Figura 10.

Sua estrutura pode ser ampliada à medida em que as interferências forem sendo realizadas, tornando o método flexível e não rígido como nos métodos analisados anteriormente.

No desenvolvimento de um projeto de produto ou outro tipo de projeto, cada item depende de outros para que o sistema funcione como um todo.

“Independentemente das características individuais de cada produto, as várias etapas necessárias ao seu desenvolvimento constituem-se em um método geral comum. Esta metodologia organiza a transformação das necessidades em meios para satisfazê-las e indica, finalmente, como utilizar matérias-primas, recursos humanos, tecnológicos e financeiros para obter o produto desejado.” (KAMINSKI, P. C. Desenvolvendo produtos com planejamento, criatividade e qualidade. Rio de Janeiro: LTC, 2000. 132 p.).

Sendo assim, existe uma etapa como ponto de partida e as intermediárias, mas que o processo de desenvolvimento do produto será desdobrado e construído. O **ciclo radial** será expandido no que se refere a acrescentar ou retirar ações no fluxo do desenvolvimento do modelo virtual até sua fabricação.

O ponto de partida, ou seja, o momento a partir do qual o projeto do produto se inicia é a **análise do problema** através do **briefing do produto**.

Figura 10 – Ciclo radial de macro etapas de desenvolvimento de produto – Método Aberto de Projeto de Produto – Três Alternativas de Criação, MAPP-3A.

Assim, optou-se, à priori, por definir previamente as atividades e/ou ações com possíveis interferências do orientador e/ou aluno no desenvolvimento do modelo virtual ao longo do ciclo a seguir.

À medida que o produto e/ou o dispositivo for sendo planejado, as atividades a serem executadas serão definidas e colocadas nessa estrutura, havendo espaço para ser registrado não apenas o que deveria ser feito, mas também como fazer e até mesmo os resultados obtidos, ao contrário dos métodos fechados.

Posteriormente, o método aplicado pelo *escritório de design* para o desenvolvimento do dispositivo poderá ser analisado criticamente quanto às opções realizadas e seus resultados, verificando se o fluxo definido poderia ser aperfeiçoado e se o método exposto neste estudo também.

4.2 Lista de Atividades e/ou Verificação

As atividades e/ou ações do trabalho a serem executadas no desenvolvimento de produto e/ou modelo servirão como lista de verificação.

É importante ressaltar que etapas posteriores ao projeto executivo não fazem parte do escopo desta pesquisa, mas que poderá ter continuidade como um trabalho maior.

De acordo com a representação gráfica, o método é dividido em macro-fases com as ações e/ou atividades a serem desenvolvidas, como exemplo o desenvolvimento de um dispositivo de conforto personalizado:

0 - Análise do Problema de *Design*

1. Analisar o *briefing* para desenvolvimento do produto quanto às necessidades do cliente;

1- Pesquisa de *Design*

2. Conceituação do conforto térmico;
3. Conforto personalizado;
4. Estudo do sistema de insuflamento de ar pelo piso – *UFAD System*;

5. Estudar a melhor posição do dispositivo de conforto personalizado na estação de trabalho;
6. Estudar a ergonomia e usabilidade do dispositivo na estação de trabalho;
7. Estudo de materiais: estudar materiais que melhor atendam às especificações e necessidades levantadas;
8. Estudo de normas relacionadas, levantar possíveis restrições;

2 - Estudos de Tecnologias

9. Estudo da Tecnologia CAD;
10. Estudo de Prototipagem Rápida;

3 - Processo de Criação

11. Conceitos de *design*;
12. Alternativas de Solução – (três propostas de *design*);
13. Esboços de idéias, modelos, sketch's, etc;
14. Interferência;
15. Escolha da melhor alternativa e/ou alternativa de *design*;

4 - Análise da Geometria

16. Estudo da geometria;
17. Incorporação das características ao novo produto;
18. Definição da geometria do modelo e/ou modelos;
19. Criação e elaboração do(s) modelo(s) virtual(is): definir as variáveis de projeto e levantar os pontos cruciais para o projeto;
20. Possível Interferência;

5 - Matriz de Decisão

21. Construção da matriz de decisão: matriz de modelos, neste caso se necessário;
22. Seleção da melhor alternativa de *design*;
23. Possível Interferência.

6 - Verificação do Modelo Virtual

24. Preparação e execução de estudos e experimentos que validem o *design*;
25. Simulação do protótipo virtual com um *software* de simulação indicado para pesquisas futuras ou simultâneas;
26. Possível Interferência;
27. Introduzir eventuais alterações;

7 - Protótipo

- 28. Definição de máquinas e materiais: definir os equipamentos e/ou máquinas e materiais necessários para a construção do protótipo;
- 29. Desenvolvimento de protótipo ou protótipos;
- 30. Avaliar o protótipo;
- 31. Introduzir eventuais alterações;
- 32. Construir o protótipo modificado, se necessário;

8 - Validação do Protótipo

- 33. Análise de possíveis falhas ou defeitos;
- 34. Realização de testes; no caso, testar o protótipo incorporado no sistema de condicionamento de ar - *UFAD System*;
- 35. Possível Interferência;

9 - Solução de Design

- 36. Projeto mecânico;
- 37. Projeto estrutural;
- 38. Configuração dos detalhes (raios, elementos de manejo, etc.);
- 39. Desenhos técnicos, desenhos de representação;
- 40. Patentes, legislação e normas;
- 41. Documentação do projeto, relatórios;

10 - Produção e Consumo

- 42. Projeto detalhado;
- 43. Planejamento da produção em escala industrial;
- 44. Planejamento da distribuição;
- 45. Planejamento para o consumo;
- 46. Planejamento para a retirada.

A lista de verificação descrita acima, serve como guia para o desenvolvimento do produto até seu descarte final. Ressalta-se ainda que, dependendo do tipo de produto, modificações podem ser feitas e/ou adaptadas ao longo do processo.

Espera-se que esse método de projeto, Método Aberto de Projeto de Produto – três alternativas de criação, **MAPP- 3A**, possa ser aplicado no desenvolvimento de outros produtos de inovação tecnológica. Por se tratar de um método aberto poderá ocorrer alteração no processo de desenvolvimento do produto, referente às ações e/ou atividades aqui pré-estabelecidas.

O método aqui proposto será comparado com o modelo que foi simultaneamente desenvolvido num escritório de *design*, descrito nos próximos capítulos. Esse modelo e/ou método, que está sendo desenvolvido no escritório de *design*, servirá para avaliar e melhorar o método proposto nesta pesquisa caso seja necessário.

A seguir no próximo item, seguem as considerações e fundamentações teóricas para desenvolvimento das macros etapas do **MAPP-3A**.

4.3 Descrição Teórica para Desenvolvimento das Macro Etapas do MAPP-3A

Em seu livro “Das Coisas Nascem Coisas”, Bruno Munari, 1998 define que **O problema do *design*** resulta de uma necessidade. Isso quer dizer, segundo ele, que as pessoas sentem a necessidade de ter, por exemplo, um automóvel mais econômico, ou uma maneira diferente de dispor em casa o espaço para as crianças, ou um novo recipiente mais prático. Essas e outras necessidades que podem originar um problema de *design*.

Neste método é sugerido que a **Análise do Problema de *Design*** começa como ponto de partida na organização do *briefing*, “marco zero”.

Há muito benefícios em organizar o *briefing* por escrito, ao invés de apenas falar sobre ele. O documento pode ser difundido entre as pessoas envolvidas no projeto de forma rápida e uniforme, enquanto a instrução verbal pode ser demorada, perecível no tempo e sofrer distorções na passagem de uma pessoa para outra. Além deste documento dividir as responsabilidades quanto ao sucesso ou fracasso de todos envolvidos no projeto.

De acordo com Peter L. Phillips, 2008, será que todos os projetos de *design* exigem *briefing*? Absolutamente não! Alguns projetos pequenos, rotineiros e rápidos de *design* não necessitam de um *briefing* formal.

Contudo, o *briefing* é útil em quase todos os projetos de *design*. Para este autor, o *briefing* deve ser escrito, não verbal. Os *briefings* verbais geralmente tendem a

aumentar o tempo necessário para a conclusão do projeto, principalmente aqueles de natureza mais complexa, quer por sua natureza técnico-científica, quer por sua natureza interdisciplinar.

Quanto ao formato, infelizmente, não há uma fórmula única e universal para o *briefing* de *design*. Segundo Phillips (2008), o mais importante é que o *briefing* contenha todas as informações relevantes aos interessados no projeto. Além disso, deve ser disponível em papel e em meio eletrônico.

Então, para se construir um conceito criativo é necessário revisar os parâmetros do projeto, representado pelas restrições que condicionam o trabalho. O primeiro deles é o prazo final ou tempo disponível para se apresentar a solução. Isso determinará a “margem de manobra” para a busca de soluções.

Outro parâmetro é constituído pelos requisitos técnicos de produção e distribuição. Aqui podem surgir vários conflitos entre o projeto de *design* e a produção industrial. Muitas vezes, a implementação de um projeto exige adaptações das máquinas e investimentos adicionais em ferramentas e dispositivos.

Após determinar o prazo e as restrições técnicas, chega a hora de verificar o orçamento disponível, antes de começar o projeto, mesmo sabendo-se que a criatividade nem sempre depende de grandes investimentos. Esse conhecimento prévio dos recursos financeiros é importante para não gerar falsas expectativas e evitar explorações desnecessárias.

É importante ressaltar que a **proposta de projeto e *briefing***, não são a mesma coisa, pois o *briefing* tem um sentido mais abrangente, podendo incorporar outras informações além daquelas contidas na proposta. Portanto, um ***briefing de design*** de boa qualidade deve conter informações mais específicas e estratégicas.

Além disso, o mesmo deve ser preparado de forma colaborativa entre o solicitante e o grupo de projeto, após diversos entendimentos sobre a natureza desse projeto, forma de executá-lo, prazos e recursos disponíveis. Logo passa-se para a próxima etapa que será a Pesquisa de *Design*.

4.3.1 Pesquisa de Design

Antes de iniciar a criação do produto considera-se nesta etapa do método, um estudo e/ou pesquisa sobre assuntos que sejam relacionados ao seu desenvolvimento, mas que dependendo do produto a ser desenvolvido poderão ser elencados assuntos relacionados ao produto em questão com o propósito de consolidar o material teórico da pesquisa de desenvolvimento do produto.

Um ponto relevante na pesquisa de design é estudar a relação **usuário/produto** porque o *designer* projeta os aspectos do objeto que tem contato direto com o usuário – contato perceptivo e tátil, atendendo às necessidades do mesmo, usando a tecnologia como recurso para tal finalidade.

Considera-se questões importantes para a criação de um bom produto, entre elas, a visibilidade, o conforto, a estética, a utilidade e a função. Portanto deve haver um diálogo contínuo com outras áreas como, por exemplo, a engenharia e a arquitetura para que o produto seja de fato eficiente.

Neste método destaca-se principalmente o estudo e/ou pesquisa quanto a **ergonomia** e **usabilidade** do produto e as tecnologias que poderão ser envolvidas no processo de desenvolvimento.

4.3.1.1 Estudo da Ergonomia do Produto

A ergonomia desenvolveu-se durante a II Guerra Mundial quando, pela primeira vez, houve uma conjugação sistemática de esforços entre a tecnologia e as ciências humanas (IIDA, 2005).

A **International Ergonomics Association** (IEA) adotou em 2000, nova definição da ergonomia, e é atualmente a referência internacional. Segundo a IEA, a ergonomia (ou *Humam Factors*) é a disciplina científica que visa a compreensão fundamental das interações entre os seres humanos e os outros componentes de um sistema, e a

profissão que aplica princípios teóricos, dados e métodos com o objetivo de otimizar o bem-estar das pessoas e o desempenho global dos sistemas (FALZON, 2007).

Resumidamente, pode-se dizer que a ergonomia se aplica ao projeto de máquinas, equipamentos, sistemas e tarefas, com o objetivo de melhorar a segurança, saúde, conforto e eficiência no trabalho (KELLERMANN et al, 1963).

4.3.1.1.1 Objetivos da Ergonomia

A especificidade da ergonomia reside em sua tensão entre dois objetivos. De um lado, um objetivo centrado nas organizações e no seu desempenho. Esse desempenho pode ser apreendido sob diferentes aspectos: eficiência, produtividade, confiabilidade, qualidade, durabilidade, etc. De outro lado, um objetivo centrado nas pessoas, este também se desdobrando em diferentes dimensões: segurança, saúde, conforto, facilidade de uso, satisfação, interesse do trabalho, prazer, etc (FALZON, 2007).

4.3.1.1.2 Aplicações da Ergonomia

As pesquisas fornecem um acervo de conhecimentos, princípios gerais, medidas básicas das capacidades físicas do homem e técnicas para serem aplicadas no projeto e funcionamento das máquinas, sistemas e ambientes de trabalho.

Numa situação ideal, a ergonomia deve ser aplicada desde as etapas iniciais do projeto de uma máquina, sistema, ambiente ou local de trabalho. Estas devem sempre incluir o ser humano como um de seus componentes. Assim, as características desse operador devem ser consideradas conjuntamente com as características ou restrições das partes mecânicas, sistêmicas ou ambientais, para se ajustarem mutuamente umas às outras (IIDA, 2005).

Inicialmente, as aplicações da ergonomia restringiram-se à indústria e ao setor militar e aeroespacial. Recentemente, expandiram-se para a agricultura, ao setor de

serviços e à vida diária do cidadão comum. Isso exigiu novos conhecimentos de determinados grupos e pessoas (mulheres, pessoas idosas e portadores de deficiência físicas).

A ergonomia contribui para melhorar a eficiência, a confiabilidade e a qualidade das operações industriais, conforme ilustra a Figura 11.

Figura 11 – Contribuição da ergonomia na indústria
(IIDA, 2005)

O aperfeiçoamento do sistema homem-máquina-ambiente pode ocorrer tanto na fase de projeto de máquinas, equipamentos e postos de trabalho, como na introdução de modificadores em sistemas já existentes, adaptando-se às capacidades e limitações do organismo humano.

4.3.1.1.3 Ergonomia do Produto

Até recentemente, o desenvolvimento de produtos era concentrado principalmente nos aspectos técnicos e funcionais. Os aspectos ergonômicos e de *design* eram poucos considerados. Entretanto, nas últimas décadas esse panorama transformou-se. Grandes empresas como os produtores de aparelhos eletrônicos, eletrodomésticos e automóveis estão investindo cada vez mais em ergonomia e *design*.

4.3.1.1.4 Características Desejáveis dos Produtos

Do ponto de vista ergonômico todos os produtos, sejam eles grandes ou pequenos, simples ou complexos, destinam-se a satisfazer a certas necessidades humanas e, dessa forma, direta ou indiretamente, entram em contato com o homem. Então, para que esses produtos funcionem bem em suas interações com os seus usuários, devem ter as seguintes características básicas (IIDA, 2005):

- **Qualidade técnica** – É a parte que faz funcionar o produto, do ponto de vista mecânico, elétrico, eletrônico ou químico, transformando uma forma de energia em outra, ou realizando operações como dobra, corte, solda e outras. Dentro da qualidade técnica deve-se considerar a eficiência com que o produto executa a função, o rendimento na conversão de energia, a ausência de ruídos e vibrações, facilidade de limpeza e manutenção e assim por diante.
- **Qualidade ergonômica** – A qualidade ergonômica do produto é a que garante uma boa interação do produto com o usuário. Inclui a facilidade de manuseio, adaptação antropométrica, fornecimento claro de informações, facilidades de navegação, compatibilidade de movimentos e demais itens de conforto e segurança.
- **Qualidade estética** – A qualidade estética é a que proporciona prazer ao consumidor (usuário). Envolve a combinação de formas, cores, materiais, texturas, acabamentos e movimentos, para que os produtos sejam considerados atraentes e desejáveis aos olhos do consumidor.

As três qualidades do produto são genéricas e estão presentes em praticamente todos eles. Em cada tipo de produto há, naturalmente, uma ou outra qualidade que pode predominar sobre as outras. Contudo, o que varia é a intensidade relativa de cada um deles. Portanto, deve haver uma grande interação entre essas três qualidades do produto e, sempre que possível, devem ser solucionadas de forma integrada, desde a fase inicial de concepção do produto ou sistema.

4.3.1.2 Estudo da Usabilidade do Produto

Hoje, projetistas e designers devem pensar no mercado mundial e na ampla variação das características dos seus usuários. Esse tipo de preocupação levou à formulação dos princípios do projeto universal e dos critérios para melhorar a usabilidade dos produtos (IIDA, 2005).

Usabilidade significa facilidade e comodidade no uso dos produtos, tanto no ambiente doméstico como no profissional. Os produtos devem ser fáceis de entender, fáceis de operar e pouco sensíveis a erros. Um produto que atenda a essas características terá grandes chances de sucesso.

A usabilidade está relacionada com o conforto, mas também com a eficiência dos produtos. Podemos sentir conforto na manipulação de um produto, contudo pode acontecer que neste processo de manipulação, manuseio dos controles, provocar acionamentos errados. Uma grande quantidade de erros pode indicar ineficiência do controle, que podem ser melhorados, por exemplo quanto à dimensão e a distribuição espacial entre os botões, para que esses erros de operação do usuário sejam reduzidos.

A usabilidade não depende apenas das características do produto. Depende também do usuário, dos objetivos pretendidos e do ambiente em que o produto é usado. A usabilidade depende da interação entre o produto, o usuário, a tarefa e o ambiente. Assim, o mesmo produto pode ser considerado adequado por uns e insatisfatório por outros. Ou, adequados em certas situações e inadequadas em outras.

4.3.1.2.1 Princípios de Usabilidade

Existem alguns princípios para melhorar a usabilidade dos produtos:

Evidência – A solução formal do produto deve indicar claramente a sua função e o modo de operação. A evidência reduz o tempo de aprendizagem e facilita a

memorização, além de reduzir os erros de operação. Por exemplo, a porta de vidro de um edifício público deve ter uma clara indicação se ela deve ser empurrada ou puxada para abrir-se.

Consistência – As operações semelhantes devem ser realizadas de forma semelhante. Isso permite que o usuário faça uma transferência positiva da experiência anteriormente adquirida em outras semelhantes. Por exemplo, as pessoas estão acostumadas a abrir as portas de casa e do carro de uma certa forma.

Capacidade – O usuário possui determinadas capacidades para cada função, que devem ser respeitadas. Essas capacidades não devem ser ultrapassadas, que estão relacionadas com a força, precisão, velocidade e alcances exigidos em movimentos musculares. Por exemplo, para dirigir um automóvel, as duas mãos ficam ocupadas com o volante e aceleração, embreagem e freio são transferidas aos pés.

Compatibilidade – O atendimento às expectativas do usuário melhora a compatibilidade. Essas expectativas dependem de fatores fisiológicos, culturais e experiências anteriores. Em muitas culturas, a cor vermelha está associada com perigo ou proibição, oposição ao verde, que significa segurança ou liberação de um procedimento, como acontece com os sinais de trânsito;

Prevenção e correção de erros – Os produtos devem impedir os procedimentos errados. Se ocorrerem erros, devem permitir uma correção fácil e rápida. Por exemplo, em um carro, a ignição do motor poderia estar condicionada à colocação prévia do cinto de segurança e fechamento de todas as portas;

Realimentação – Os produtos devem dar um retorno aos usuários sobre os resultados de sua ação. Isso pode ser um simples “bip” indicando que um comando foi acionado. É importante que a realimentação se realize o mais rápido possível, usando-se sinais que tenham um significado correto.

A usabilidade dos produtos pode ser melhorada aplicando-se os princípios acima apresentados. Entretanto, essas medidas recaem em dois tipos de características: físicas e cognitivas (JORDAN, 1998).

4.3.1.2.2 Características Físicas

Algumas características físicas do produto, como dimensões, pesos, formas, resistências e outras podem ser alteradas para melhorar a usabilidade. Essas mudanças devem visar sempre à adaptação do produto às características do usuário ou grupo de usuários. Enfim, diversas características físicas do produto podem ser modificadas para que se adapte melhor ao usuário. Por exemplo, pode-se citar o que acontece com as cadeiras operacionais que apresentam regulagens para se adaptar melhor aos usuários individuais.

4.3.1.2.3 Características Cognitivas

As características cognitivas referem-se aos conhecimentos do usuário sobre o modo de usar o produto, baseando-se em suas experiências anteriores. Se as características físicas assemelham-se ao hardware, as cognitivas podem ser consideradas como softwares. Em outras palavras, os produtos não devem contrariar as experiências e os estereótipos já estabelecidos e que provocam certas expectativas (IIDA, 2005).

Tanto sobre as características físicas como sobre as cognitivas deve-se fazer levantamentos, à priori. No caso das características físicas, faz-se um levantamento antropométrico do grupo de usuários ou do usuário. Para as características cognitivas, deve-se fazer um levantamento do repertório desse grupo. Isso inclui o que eles conhecem sobre o produto e como estão acostumados a usá-lo.

4.3.2 Estudos de Tecnologias

É importante ressaltar que o conhecimento sobre as tecnologias disponíveis é fundamental no processo de projeto de produtos uma vez que contribuem sobremaneira na qualidade final do produto e proporcionam economia de tempo e

custos com retrabalho. Neste caso, consideram-se as tecnologias de CAD e de Prototipagem Rápida e/ou Virtual como ferramentas essenciais neste processo.

4.3.2.1 Tecnologia CAD

Atualmente os softwares de CAD (*Computer-Aided Design*) incorporam em suas interfaces gráficas soluções bastante flexíveis na concepção do desenho, mas que por outro lado, o usuário se depara com um grande número de operações e recursos que podem levá-lo a situações de desconforto cognitivo, principalmente no momento de criação (VICENT, 2002).

Tem-se o processo de codificação (representação gráfica ou desenho 2D) e decodificação, que é assimilar o modelo tridimensional com base na representação gráfica ou desenho 2D. Considerando estes aspectos, é preferível representar os desenhos em 3D, pois é um modelo daquilo que se quer comunicar e produzir.

Ao final da década de 1990, com o desenvolvimento de um sistema operacional robusto para aplicação em PCs (Windows NT), houve uma migração das empresas que desenvolviam seus sistemas CAD/CAM baseados em sistema operacional UNIX. Este fato, além de reduzir o custo de Hardware, reduziu também a necessidade de usuários extremamente especializados (KONG, 2003).

O processo de desenvolvimentos de projetos em 3D assumiu um papel importante, reduzindo desta forma as dificuldades inerentes ao próprio sistema de representação em 2D, como a interpretação de peças com alto grau de complexidade, o que normalmente poderia acarretar erros de codificação dos elementos gráficos representados no plano bidimensional.

Esta nova geração de modeladores paramétricos e variacionais disponibilizam novas ferramentas e recursos com a finalidade de:

- Sistematizar e otimizar o processo de modelagem sólida;
- Facilitar o processo de controle de visualização do modelo;

- Gerenciar o controle de erros no projeto, reduzindo o tempo e o custo do re-projeto;
- Eliminar a necessidade de protótipos físicos e aumentar a produtividade e qualidade do projeto;
- Apresentar uma interface mais amigável e mais adequada ao desenvolvimento da tarefa de projetar;
- Permitir a transferência do modelo para simuladores, objetivando estudos numa realidade virtual.

4.3.2.1.1 Sistemas CAD no Desenvolvimento de Produto

Para a área de desenvolvimento de produtos, as tecnologias CAD e CAE e, mais recentemente, a Prototipagem Rápida tem importância significativamente maior. Os sistemas CAD atuais tornam disponíveis interfaces homem/máquina bem simples para que haja uma interação rápida e precisa, e essa interface pode ser representada pela Figura 12.

Figura 12 – Sistemas computacionais trabalhando de forma integrada (Souza, 2003).

Esses sistemas possuem funções que podem ser agrupadas nas seguintes áreas funcionais: modelagem geométrica, desenho, análise e simulação, verificação e documentação técnica (Souza, 2003).

4.3.2.1.2 Sistemas CAD 3D

O modelamento 3D (tridimensional) apresenta as dificuldades que são próprias do processo de desenho, pois o projetista é obrigado a considerar as três dimensões simultaneamente. Hoje, praticamente todos os sistemas de CAD oferecem a representação 3D, permitindo a representação de sólidos e a sua total manipulação (Kaminscki, 2000).

Os modelos do produto em desenvolvimento poderão ser desenvolvidos no Rhinoceros, ou Rhino, como é mais conhecido – é um *software* de modelagem NURBS que vem sendo cada vez mais utilizado por profissionais da área de *design*.

Além de combinar a precisão das tradicionais tecnologias CAD e CAM com a flexibilidade da modelagem de curvas e superfícies, para criar objetos de formas simples ou complexas e/ou softwares de CAD paramétricos como o SolidWorks , entre outros.

Devido à flexibilidade do Rhinoceros e precisão, a modelagem tridimensional pode ser usada para ilustrações, animações e para o desenvolvimento e fabricação de produtos.

4.3.2.1.3 Modelo Tridimensional – Funcional e Não Funcional

Basicamente, existem dois tipos de modelos tridimensionais, os funcionais e os não funcionais, o primeiro é chamado de protótipo e o segundo tipo recebe o nome de maquete, *mockup* ou simplesmente modelo.

O protótipo é um modelo funcional (físico ou virtual) do produto, usado para testes práticos, que devem ser feitos antes da produção industrial. O objetivo é permitir que se descubram erros não previstos no desenvolvimento do produto.

Caso seja encontrado algum problema, o protótipo é construído novamente e testado. O produto somente estará pronto, quando todas as falhas forem corrigidas e estiverem de acordo com suas especificações. Uma vez que isso acontece, o produto é produzido em escala industrial.

4.3.2.1.4 Principais Vantagens do Protótipo Virtual

Entre as principais vantagens do modelo tridimensional (protótipo virtual) para os processos industriais, podem ser citadas:

Redução de Tempo: o tempo que um produto leva para ser desenvolvido, desde a idéia inicial até ser lançado no mercado, também chamado de “*time to market*”, é um

dos fatores fundamentais para diminuição de custos, realização de lucros e sucesso do produto no mercado;

Diminuição de Custos: os protótipos virtuais reduzem a necessidade de protótipos físicos e testes reais, reduzindo custos de projeto com pessoas, equipamentos e materiais;

Melhoria da Qualidade: a possibilidade de prever erros nas etapas iniciais do projeto, investigar diferentes alternativas de solução e permitir a personalização do produto, segundo o desejo do cliente; propicia uma melhora da qualidade final e uma maior satisfação do consumidor em relação ao produto adquirido.

É importante enfatizar que os protótipos virtuais ainda não substituem totalmente os reais. Embora sejam utilizados para avaliar certas características e diminuir o número de protótipos físicos construídos durante o desenvolvimento do projeto, as avaliações do produto no mundo real ainda são necessárias.

4.3.2.1.5 Preparação do Modelo e/ou Protótipo

A preparação do modelo inicia-se pela sua validação e correção, que consiste em executar a verificação dos dados de entrada no formato **STL**, necessária para certificação da ocorrência de alguma anomalia geométrica.

A compensação é uma fase indispensável à obtenção de um protótipo idêntico ao modelo tridimensional projetado.

A escolha da tecnologia de Prototipagem e do material que será trabalhado torna possível a identificação antecipada de fenômenos físicos, que podem ocorrer durante o processo, tais como retração, deformação, entre outros. Tais ocorrências são corrigidas por intermédio de sistemas que compensem essas modificações ou que as evitem, obtendo-se assim, um protótipo tal como foi pré-concebido.

O planejamento do processo gera trajetórias que servem de guia para o processo de adição de camadas do material que irá construir fisicamente o modelo, em uma máquina automatizada para esse fim.

O modelo é decomposto em fatias - **slicing**, que representam um plano de seção transversal associada a uma espessura uniforme. Cada uma das fatias é varrida, *scan*, para que se possa determinar com exatidão o formato desejado. Cada fatia é composta por uma seção transversal do modelo e uma camada de forma complementar, com material a ser utilizada na estrutura de suporte, que é então depositada e fundida na camada anterior utilizando uma das técnicas de deposição e fusão disponíveis.

A fase seguinte, controle de geração do objeto, tem como função propiciar a fabricação do modelo físico através da emissão de sinais de controle. Estes sinais de controle vão gerar trajetórias para monitorar ou guiar o processo de adição de material, para a construção física do modelo.

A última fase de preparação do modelo compreende a cura, se necessária, remoção de estrutura de suporte, quando existir, e limpeza da peça.

Todas as tecnologias de Prototipagem Rápida (PR) caracterizam-se pelo mesmo princípio de criação do protótipo, obtenção de cortes horizontais paralelos, da peça representada tridimensionalmente no CAD, que posteriormente, a partir da sua sobreposição, reconstituirá o modelo sólido.

4.3.2.2 Tecnologia de Prototipagem Rápida e Virtual

Essa tecnologia tem suas origens baseadas em duas técnicas: a topografia e a fotoescultura. Por volta de 1890, Blather desenvolveu um método para a construção de moldes para mapas de relevo topográfico. O método consiste em imprimir em uma série de discos de cera, as linhas do contorno topográfico (curvas de nível), das cartas topográficas, que informam a inclinação do terreno, ou seja, a variação planialtimétrica.

A Prototipagem Rápida, PR, é uma tecnologia que vem emergindo desde a última década, trazendo contribuições importantes, devido à sua capacidade de reduzir ainda mais o tempo e o custo do projeto, o que acaba por garantir sua rápida

concepção, produção, lançamento e comercialização, tornando-se uma das estratégias importantes dentro das empresas (LIRA, 2008).

Durante a criação de um produto é comum à construção de modelos tridimensionais em CAD 3D (*Computer Aided Design – Three Dimensional*), utilizados como forma de avaliar características diversas do projeto em desenvolvimento.

Uma solução é a construção de protótipos ou modelos reduzidos, para ensaios em laboratórios com instrumentos de medição. Entretanto, não é uma solução ideal, porque a metodologia de construção e ensaio de diversos protótipos costuma consumir mais tempo e recursos. Atualmente uma das ferramentas utilizadas é a prototipagem virtual no processo de desenvolvimento de produto.

“A prototipagem virtual é o processo de desenvolvimento de produtos através do estudo dessas reproduções formais e funcionais do produto no computador. Essa tecnologia permite aos envolvidos no projeto procurarem falhas, para avaliarem e melhorarem características do *design*, de engenharia e até de produção, além de dar suporte a decisões gerenciais e oferecer uma melhor maneira de apresentar o produto ao cliente”. (DAI, et al., “*Virtual Prototyping Examples for Automotive Industries*”, Fraunhofer, Institute for Computer Graphics, Darmstadt, Alemanha, Fevereiro, 1996).

As máquinas PR possibilitam uma maior velocidade e menor custo na obtenção de protótipos. Elas permitem obter peças físicas acabadas, de modo automático, com complexidades e detalhes que não permitiriam sua obtenção em máquinas convencionais de usinagem.

O custo das mudanças de projeto ao longo do ciclo de desenvolvimento do produto aumenta aproximadamente numa ordem de magnitude, conforme Figura 13 (WOHLERS, 1998), portanto a necessidade de criar modelos, sejam virtuais ou físicos.

Figura 13 – Custo de alteração de projeto ao longo do ciclo de desenvolvimento do produto (Wohlers, 1998).

Várias outras pesquisas e técnicas foram desenvolvidas desde o final do séc. XIX até a atualidade. Todas essas pesquisas, métodos e processos baseados nos conceitos de Topografia e Foto-escultura acabaram por dar origem às técnicas que são empregadas na Prototipagem Rápida - PR. Porém, estas técnicas de PR só obtiveram êxito comercial a partir de 1988, quando a empresa *3D Systems* passou a comercializar o primeiro equipamento de PR bem sucedido, SLA-1 “*Stereolithography Apparatus*” (LIRA, 2008).

Ao contrário dos processos de usinagem, que subtraem material da peça em bruto para se obter a peça desejada, os sistemas de prototipagem rápida geram a peça a partir da união gradativa de líquidos, pós ou folhas de papel. Camada por camada, a partir de seções transversais das peças em plásticos, madeira, cerâmica ou metais.

“Num sentido amplo do termo, a prototipagem rápida (RP – *Rapid Prototyping*) abarca um conjunto de tecnologias de modelação física para produzir rapidamente modelos e protótipos a partir da informação de desenhos do modelo gerados em CAD 3D, de dados digitalizados por varrimento CT (*computed tomography*), MRI (*magnetic resonance imaging*) e de dados obtidos por outros sistemas de digitalização (baseados na modelação computadorizada). Numa fase de pré-processamento, o modelo sólido em CAD é convertido em representação STL, isto é numa malha triangular superficial. Em seguida, através do *software* do equipamento de RP, este modelo é cortado em planos paralelos, *slicing*, cuja distância corresponde à espessura da camada a ser depositada pela tecnologia aditiva.” (Vasconcelos et al., “O Fabrico Rápido de Ferramentas ao Serviço da Engenharia”, Porto, ESTG - Instituto Politécnico de Viana do Castelo, Portugal, Fevereiro, 2002). Figura 14.

Figura 14 – Fases de pré-processamento e processamento - tecnologias PR (Vasconcelos, 2002).

Os dados para as máquinas de prototipagem são gerados no sistema CAD no formato STL, que aproxima o modelo sólido por pequenos triângulos ou facetas. Quanto menor forem estes triângulos, melhor a aproximação da superfície, ao custo naturalmente de maior tamanho do arquivo STL e tempo de processamento. Uma vez que o arquivo STL é gerado, as demais operações são executadas pelo próprio *software* que acompanha as máquinas de prototipagem rápida. Estes *softwares* irão gerar as seções transversais do modelo que será construído, além de operações básicas de visualização. Então tais dados são descarregados para a máquina que irá depositar as camadas sucessivamente até que a peça seja gerada. A seguir apresentam-se os tipos de tecnologias de prototipagem rápida.

De acordo com Lira (2008), até à época existiam mais de vinte tecnologias comerciais de PR. Essas tecnologias têm em comum cinco elementos básicos que funcionam sincronamente sob o comando do computador:

- Uma plataforma de construção que se desloca na direção vertical (eixo z);
- Um sistema de alimentação da plataforma de construção com a matéria-prima;
- Feixes aglutinantes - feixes para aglutinação da matéria prima - luz (laser, lâmpada UV), elétrons ou líquido;
- Respectivos sistemas de controle e varredura horizontal (plano xy) dos feixes aglutinantes - jogos de espelhos, jogos de magnetos e uma cabeça impressora;
- Um computador munido de um software de fatiamento dos modelos virtuais e um software de controle automatizado do processo.

Do ponto de vista de matéria-prima, as tecnologias PR utilizam dois tipos básicos de material – o material de construção da peça e o material de suporte, também chamado de material de sacrifício, pois é utilizado apenas para sustentar a estrutura 3D enquanto ela está sendo construída, sendo assim, removido em etapa de pós-processo para liberar a peça. A potencialidade de uma tecnologia PR relativa aos fatores complexidade de forma e dimensões está relacionada à facilidade com que o material de suporte é retirado, sem comprometer a integridade física da peça.

A descrição detalhada dessas tecnologias, mostrando como os elementos básicos acima funcionam, está amplamente divulgada em sites na internet que tratam destas tecnologias. A seguir, são apresentadas as descrições de algumas tecnologias dependentes do material utilizado para a construção do protótipo.

4.3.2.2.1 Tecnologias Comerciais de PR – que utilizam matérias-primas em pó

As tecnologias de PR que utilizam pó como matéria-prima, Figura 15, têm quatro características básicas:

- O suporte da peça é o próprio pó;

- O pó é espalhado e comprimido por um rolo sobre uma plataforma de construção que vai ficando confinado num volume geralmente de secção quadrada;
- A atmosfera de processo é inerte;
- Temperaturas acima da ambiente são aplicadas em diferentes regiões dos equipamentos, exigindo condições especiais de controle devido aos compromissos térmicos que devem ser atendidos para evitar problemas como empenamento da peça e degradação de matéria-prima (caso especial de polímeros).

Pó (suporte: o próprio pó, camada formada e compactada por um rolo)				
Tecnologia PR	feixe de aglutinação	controle de varredura	atmosfera de processo	matéria-prima
SLS (SLSind, DMLS, SLM)	laser	espelhos	nitrogênio	polímero, compósito, metal, cerâmica
LENS*	laser	espelhos	nitrogênio	metal
EBM	elétrons	magnetos	vácuo	metal
3DP	adesivo liq.	IJP	ambiente	cerâmica
*Excessão. Na LENS o pó não é espalhado e comprimido por um rolo, mas dispensado por bicos injetores arranjados coaxialmente com o feixe de laser.				

Figura 15 – Características gerais das tecnologias PR que utilizam matérias-primas em pó (Lira, 2008).

A tecnologia PR à base de pó mais estabelecida é a SLS (*Selective Laser Sintering*), desenvolvida pela empresa DTM que posteriormente foi incorporada à empresa 3D Systems. A SLS se estabeleceu, inicialmente, pelo uso da poliamida (nylon), visando principalmente a prototipagem conceitual.

Ao longo do tempo foram desenvolvidas outras matérias-primas, poliméricas ou compósitos, para conferir maior rigidez ou maior maleabilidade aos protótipos.

Visando aplicar a tecnologia dentro da cadeia de produção de manufaturados, um grande esforço foi e vem sendo feito em ferramental rápido a base de metal. Daí emergiram duas técnicas de produção de peças metálicas: SLS indireto e SLS direto, explicados a seguir.

No primeiro, o pó consiste de grãos metálicos misturados ou revestidos com um polímero que serve como aglutinante (binder) do pó metálico.

A estrutura 3D construída com este pó bi-componente é aquecida para vaporizar o polímero (debinder) deixando a estrutura porosa para, posteriormente, ser submetido a processo de densificação por sinterização ou por infiltração com outro metal de menor ponto de fusão. As etapas de remoção do polímero tomavam muito tempo e as peças não tinham precisão dimensional, o que levou ao desenvolvimento da SLS direto em que a sinterização é feita diretamente com pó metálico (sem aglutinante). O desenvolvimento da técnica SLS direto foi feita pela empresa EOS GmbH que a denominou DMLS (*Direct Metal Laser Sintering*). Com vistas ao aumento da densificação das estruturas 3D, foi desenvolvida a técnica SLM (*Selective Laser Melting*) em que o feixe de laser funde, ao invés de sinterizar, o pó metálico (Merçelis e Kruth, 2006). Dentro do âmbito das tecnologias que utilizam laser para fundir pó metálico se encontra a tecnologia LENS (*Laser Engineered Net Shaping, Optomec, Inc.*). A tecnologia LENS é exceção entre as que utilizam pó, pois não utiliza espalhamento e compressão do pó e o suporte, neste caso, é a própria peça em construção.

Na LENS, o pó é suprido por bicos especiais dispostos coaxialmente com o feixe de laser. Do ponto de vista de aplicações, duas características da LENS não são encontradas nas demais tecnologias PR; são estas: a construção de peças ocas e reparos de peças já prontas. Com a utilização intensiva de laser na sinterização/fundição de pó metálico foi cunhada a expressão *Laser Forming*. Uma tecnologia de PR baseada na fundição de pós metálicos que não utiliza laser é a EBM (*Electron Beam Manufacturing*) que funde metais seletivamente, utilizando feixe de elétrons o qual requer operação dentro de uma câmara de vácuo.

Finalmente, dentro do escopo das tecnologias de PR que utilizam pó, tem-se a tecnologia 3DP. Se tomadas as características outras que o uso de pó como matéria-prima, ela poderia ser tratada como uma tecnologia à parte das demais. Isto porque, ao invés de um feixe de laser como agente aglutinador de pó, ela utiliza jatos de líquido, dispensados por uma cabeça jato-de-tinta.

Também, ao invés de operar à temperatura elevada, ela opera à temperatura ambiente. No entanto, as peças, dependendo da sua geometria, são frágeis, podendo quebrar quando retiradas da máquina e, assim, elas precisam ser infiltradas com adesivo líquido. Se a fragilidade é grande devido à geometria da peça, o equipamento tem um recurso para a geração de suporte, geometricamente estruturado, com o próprio pó. A 3DP trabalha com pós cerâmicos e tem sido usada geralmente para prototipagem visual e ferramental rápido.

4.3.2.2.2 Tecnologias Comerciais de PR - Que Utilizam Matérias-Primas Líquidas

Os líquidos utilizados como matérias-primas nessas tecnologias PR , Figura 16, são resinas fotossensíveis. Uma vantagem dessas tecnologias, comparadas com as tecnologias baseadas em pó é que elas operam à temperatura e atmosfera ambientes, facilitando o controle de processo e dispensando instalações especiais. Outra vantagem é que, não utilizando pó, o ambiente ao redor não é contaminado por particulado, evitando, assim, gastos com higiene e segurança. Essas condições operacionais, somadas à oferta de resinas dentro de cartuchos que as protegem da fotodecomposição, e o operador de vapores tóxicos, estimulam os desenvolvedores dessas 12 tecnologias a produzirem equipamentos benchtop que podem ser usados em salas convencionais.

Uma possível limitação para uso nessas salas está no pós-processamento para retirada do suporte. Na IJP-polyjet (Objet) o suporte é retirado com jatos de água enquanto que na IJP-Invision (3D systems) o suporte é retirado com aquecimento em forno. As duas tecnologias se enquadram dentro da família Multi-Jet Modeling (MJM).

Líquido (fotopolímero) (usa suporte, temperatura e atmosfera ambiente)			
Tecnologia PR	Feixe de aglutinação	Sistema de controle do feixe aglutinante	Suporte
SLA	Luz (laser)	Espelhos	Matéria prima
IJP (PolyJet)	Luz (lâmpada.)	IJP	Outro material
IJP (InVision)	Luz (lâmpada)	IJP	Outro material

Figura 16 – Características gerais das tecnologias PR que utilizam matérias-primas líquidas (Lira, 2008).

Como não é possível sustentar as peças em líquido, todas essas tecnologias geram suporte automática e simultaneamente à construção das peças. A diferença é que na SLA (*Stereolithography, 3D System*), o suporte (finas estacas) é construído com o mesmo material das peças, enquanto que nas demais tecnologias o suporte é construído com material diferente. As cabeças injetoras das tecnologias IJP são utilizadas para injetar o material estrutural e de suporte, diferentemente da cabeça injetora da tecnologia 3DP. Na tecnologia 3DP, o material estrutural e o suporte é o próprio pó. A cabeça injetora da 3DP libera apenas o aglutinante.

4.3.2.2.3 Tecnologias Comerciais de PR - Que Utilizam Matérias-Primas Sólidas

Pelo fato das matérias-primas sólidas terem apresentações variadas, implicando na concepção da tecnologia, elas foram agrupadas em duas categorias: (i) as que são fornecidas na forma de fio e são extrudadas por um bico injetor após serem fundidas com aquecedores à base de micro resistências elétricas, Figura 17; e (ii) aquelas que são fornecidas na forma de folhas, Figura 18. Dentro da categoria de material extrudado tem-se as duas formas de matérias-primas: em fio e em bloco. A tecnologia FDM (*Fused Deposition Modeling, Stratasys Inc.*) utiliza fio como matéria-prima, que é suprido na forma de um carretel lacrado e que, portanto, apresenta riscos menores para o processo e manuseio que as matérias-primas na forma de pó ou líquido acima mencionado. Outra vantagem é que o fio é constituído por material que não se degrada mesmo sob processo, com estabilidade termo-química maior que os materiais que constituem a matéria-prima em pó e líquido. Em consequência de sua segurança e praticidade a FDM é considerada uma tecnologia que pode ser utilizada em escritório.

Sólido: blocos ou fio de polímeros				
Tecnologia PR	Forma em que o material é dispensado	Forma da matéria-prima sólida	suporte	Natureza química da matéria prima
IJP (Thermojet)	sólido fundido	bloco	matéria-prima	cera, termopolímeros
IJP (benchtop)	sólido fundido	bloco	diferente	polímero
FDM	sólido fundido	fio	diferente	polímero

Figura 17 – Características gerais das tecnologias PR que utilizam matéria-prima sólida - bloco e fio (Lira, 2008).

Diferentemente do que ocorre em todos os processos descritos anteriormente, nas tecnologias que utilizam folhas como matéria-prima, a definição da seção transversal da estrutura 3D, o empilhamento e a adesão das camadas não ocorrem em uma única etapa, isto é, na etapa da incidência do feixe aglutinante. Provavelmente, pelo fato de que tanto o empilhamento como a colagem são feitos mecanicamente (este último utilizando uma termoprensa), as superfícies não apresentam bom acabamento e, portanto, precisam ser lixadas e resinadas. A técnica de corte das folhas pode, também, influenciar no acabamento da superfície. Na tecnologia LOM (*Laminated Object Manufacturing, Cubic Technology Inc.*) o corte das folhas é feito com um feixe de laser enquanto que na tecnologia PLT (*Paper Lamination Technology, Kira Corporation Ltd.*) o corte é feito com estilete.

Sólido: com forma de folha			
Tecnologia PR	Tecnologia de corte	Tecnologia de colagem	Matéria-prima
LOM	Laser	Adesivo seguido de termocompressão	Madeira, polímero, metal, papel
PLT	Estilete	Adesivo seguido de termocompressão	Madeira polímero, metal, papel

Figura 18 – Características gerais das tecnologias PR que utilizam matérias-primas sólidas – folhas (Lira, 2008).

Portanto a melhor tecnologia escolhida condiciona-se ao tipo de material e ao custo do projeto de produto que se tem disponível. Depois de realizar a pesquisa de *design* e o estudo das tecnologias que podem ser envolvidas, segue-se a próxima etapa para a criação e desenvolvimento do produto.

4.3.3 Processo de Criação

O processo criativo do homem se desenvolve no espaço tridimensional. No desenvolvimento de um projeto, croquis de representação volumétrica são refinados pela adição e remoção de linhas, pelo seu espessamento, pelo preenchimento de áreas delimitadas por linhas e assim definindo planos ou superfícies em destaque.

De acordo com Domenico (2005) criatividade pode ser definida de varias formas e maneiras. Criatividade como deslocamento e sublimação da sexualidade frustrada

(Freud); como inteligência excepcional (Piaget); como instinto (Jung); como capacidade de “fazer alma” (Hillman); como regressão a serviço ego (Kris); como história de amor com o mundo (Greenacre); como produto do pré-consciente (Kubie); como resposta alucinatória ao seio materno (Weissman); como síntese mágica (Arieti).

Mas quantos tipos de criatividade existem? Por meio de que processo nasce e se completa o ato criativo? Psicólogos e psicanalistas têm procurado responder a essas perguntas. Considera-se a criatividade um potencial inerente ao homem, e a realização desse potencial uma de suas necessidades.

As potencialidades e os processos criativos não se restringem, porém, à arte. As artes são vistas como área privilegiada do fazer humano, onde ao indivíduo parece facultada uma liberdade de ação em amplitude emocional e intelectual inexistente nos outros campos de atividade humana. O trabalho artístico é unicamente qualificado de criativo. Não parece correta essa visão de criatividade. O criar só pode ser visto num sentido global, como um agir integrado em um viver humano. De fato, criar e viver se interligam (OSTROWER, 2008).

Outra idéia abordada por alguns estudiosos, é a de que criar corresponde a um formar, um dar forma a alguma coisa. Sejam quais forem os modos e os meios, ao se criar algo, sempre se ordena e o configura-se. Em qualquer tipo de realização são envolvidos princípios de forma, no sentido amplo em que aqui é compreendida a forma, isto é, como uma estruturação, não restrita à imagem visual.

Toda forma é forma de comunicação, ao mesmo tempo que forma de realização. Ela corresponde, ainda, a aspectos expressivos de um desenvolvimento interior na pessoa, refletindo processos de crescimento e de maturação cujos níveis integrativos consideramos indispensáveis para a realização das potencialidades criativas. Aos processo de maturação se vinculam, por sua vez, a espontaneidade e a liberdade no criar (OSTROWER, 2008).

O processo de criação e/ou criatividade é um assunto muito amplo, que não cabe aqui defini-lo em sua essência, por não se tratar de um assunto esgotado, um assunto como a criatividade envolve toda a sensibilidade do ser humano.

A criatividade parece afluir quase que por si e dotar imaginação do ser humano com um poder de captar de imediato relacionamentos novos e possíveis significados. Além dos impulsos do inconsciente, entra nos processos criativos tudo o que o homem sabe, os conhecimentos, as conjecturas, as propostas, as dúvidas, tudo o que ele pensa e imagina.

Entre os processo criativos existentes há alguns que podem ser definidos:

4.3.3.1 Processos Intuitivos e Perceptivos

O ser humano não pode ser considerado em partes, só pode ser considerado como um ser integral. O ato criador, sempre ato de integração, adquire seu significado pleno só quando entendido globalmente.

“Nossa experiência e nossa capacidade de configurar formas e de discernir símbolos e significados se originam nas regiões mais fundas de nosso mundo interior, do sensório e da afetividade, onde a emoção permeia os pensamentos ao mesmo tempo que o intelecto estrutura as emoções. São níveis contínuos e integrantes em que fluem as divisas entre consciente e inconsciente e onde desde cedo em nossa vida se formulam os modos da própria percepção. São níveis intuitivos do nosso ser”.(OSTROWER; F. 2008, p.56)

A intuição vem a ser um dos mais importantes modos cognitivos do homem. Ao contrário do instinto, permite-lhe lidar com situações novas e inesperadas, que visualize e internalize a ocorrência de fenômenos instantaneamente com espontaneidade, que julgue e compreenda algo a seu respeito. Portanto, a intuição está na base dos processos de criação (OSTROWER, 2008).

O que caracteriza os processos intuitivos e os torna expressivos é a qualidade nova da percepção, é a maneira pela qual a intuição se interliga com os processos de percepção, interligação esta que reformula os dados circunstanciais, do mundo externo e interno. Ambas, intuição e percepção, são modos de conhecimento e vias de buscar certas ordenações e significados.

A percepção envolve um tipo de conhecer, é um apreender contínuo do mundo externo junto com o mundo interno, e ainda envolve, concomitantemente, um interpretar daquilo que está sendo apreendido. Tudo se processa ao mesmo tempo.

Assim, no que se percebe, se interpreta; no que se apreende, se compreende. Essa compreensão não precisa necessariamente ocorrer de modo intelectual, mas deixa sempre um lastro dentro de nossa experiência.

4.3.3.2 *Imagens Referenciais*

Outro processo utilizado nesta metodologia de projeto de produto, foi a utilização de ***imagens referenciais*** de diversos objetos, com *design* moderno e inovador.

No processo de criação do produto e/ou produto novo, o propósito é de encontrar formas e/ou construir formas esteticamente agradáveis de um produto belo e integrado, seja ele ao mobiliário, ambiente ou usuário, mas que atenda ao *briefing*.

Desde cedo, as imagens referenciais, organizam-se em nossa mente. Essas imagens representam disposições em que, aparentemente de um modo natural, os fenômenos parecem correlacionar-se em nossa experiência.

“As imagens da percepção, a rigor, compõem-se em grande parte de valores culturais. Constituem-se em ordenações ‘características’ e passam a ser normativas, qualificando a maneira por que novas situações serão vivenciadas pelo indivíduo. Portanto orientam o pensar e imaginar, formam imagens referenciais que funcionam ao mesmo tempo como uma espécie de prisma para enfocar os fenômenos e como medida de avaliação” (OSTROWER, 2008).

As imagens referenciais não são herdadas (não referem-se às imagens ‘primordiais’, os arquétipos no inconsciente coletivo, que ocupam uma posição central do pensamento, segundo Jung). Não são estereótipos de percepção, não são conceitos. Basicamente formam-se de modo intuitivo em cada pessoa.

Qualquer objeto também corresponde uma imagem referencial estruturada, que abrange todo um contexto de qualificações. Isto quer dizer padrões funcionais e de conforto, de materiais usados, do sentido estético, etc. Por exemplo quando vemos

uma mesa, espontaneamente comparamos a mesa, objeto-real, à mesa internalizada, imagem-referencial.

Segundo Ostrower (2008), a imagem referencial liga-se a um fenômeno de percepção que ainda é pouco elucidado, mas cuja importância é indiscutível, tanto para as ordenações que se faz, como para o sentido que as formas têm para cada indivíduo. Trata-se do fenômeno da constância. Ainda ao nível da transmissão de estímulos, existem em nós, aparentemente, mecanismos de ajuste que de certo modo ‘alteram’ os dados externos.

Se a imagem visual é difícil de alcançar em sua complexidade como fato físico, mais ainda o é a imagem como um fato mental. Em realidade, porém, nenhuma imagem é, para nós, inteiramente fato físico.

Ao apreender qualquer tipo de estímulo, já o apreendemos configurando, isto é, já o apreendemos dentro de ordenações que se estabelecem no próprio ato de apreender. Vivenciamos na percepção um processo orientador e orientado. A partir dos diversos fatores que interagem na percepção e mutuamente se influenciam – imagem referencial, a constância de imagens com os nivelamentos e as simultâneas diferenciações – não somente cada imagem visual surge de início imbuída de significados, como também surge imbuída de valorações.

4.3.3.3 *Insights*

De acordo com Ostrower (2008), em todo ato intuitivo entram em função as tendências ordenadoras da percepção que aproximam, espontaneamente, os estímulos das imagens referenciais já cristalizadas em nós. Igualmente em todo ato intuitivo ocorrem operações mentais instantâneas de diferenciação e de nivelamento, e outras ainda de comparação, de construção de alternativas e de conclusão; essas operações envolvem o relacionamento e a escolha, na maioria das vezes subconsciente, de determinados aspectos entre os muitos que existem numa situação – Naturalmente, a seletividade se entende tanto a fatores sensoriais como a não-sensoriais.

Nessas ordenações, certos aspectos são intuitivamente incluídos como ‘relevantes’, enquanto outros são excluídos como ‘irrelevantes’. Selecionados pela importância que têm para nós, os aspectos são configurados em uma forma. Nela adquirirão um sentido talvez inteiramente novo.

As conclusões muitas vezes nos surpreendem como um resultado original. O seu sentido novo pode até mesmo ser inesperado e, no entanto, formula uma visão de certo modo pressentida. Confirma essa visão. Sentimos que a ordenação concreta a que chegamos abrange a razão de ser da situação, abrange toda sua lógica íntima, o verdadeiro sentido. É o *insight*, a visão intuitiva. Sabemos de repente, temos inteira certeza, que desde o início era esse o seu significado.

O momento da visão intuitiva é um momento de inteira cognição que se faz presente. Internaliza-se de pronto, em um momento súbito, instantâneo mesmo, todos os ângulos de relevância e de coerência de um fenômeno.

Este processo de criação foi direcionado para a **biônica**, uma das propostas do processo de criação do método de projeto proposto neste estudo.

4.3.3.4 Painel Semântico

O Painel Semântico busca imagens e características que simbolizem o aspecto que se quer dar ao objeto. Por exemplo, se o produto que está sendo feito for utilizado para o trabalho pesado, tendo como característica a durabilidade deve ter aspecto robusto e forte, se o produto for criado para se mover rapidamente deve ter aspecto liso e aerodinâmico. Através do painel semântico, o *designer* “cria” a forma visual do produto que reflita o objetivo pretendido.

“(…) em um mercado tão competitivo e lucrativo, em que todos os produtos cumprem a sua função básica (...) o estilo dos produtos assume grande importância na diferenciação dos mesmos e na segmentação do mercado” (BAXTER, 1998).

Portanto o painel semântico auxilia no desenvolvimento de produto, na criação quanto à forma e na definição de cores do novo produto.

Relacionando vários fatores de relevância na elaboração do projeto conceitual, neste caso como exemplo o painel semântico, ilustrado na Figura 19, identifica: a expressão do produto, as referências visuais e o estilo de vida dos consumidores para desenvolvimento de uma mochila de *camping* elaborado por alunos do curso de *design* da Universidade do Vale do Itajaí – UNIVALI, Departamento de *Design*, Santa Catarina em 2007.

Figura 19 – Exemplo de proposta de painel semântico para desenvolvimento de uma mochila de *camping* - (extraído www.arthursoares.com/faculdade/Projeto.pdf).

4.3.4 Análise da Geometria - Alternativas de Solução de Design

A Análise de geometria identifica as entidades geométricas em uma peça que pode causar um problema em outros aplicativos. Estes aplicativos incluem a modelagem de elementos finitos e a usinagem auxiliada por computador.

O estudo da geometria implica na compatibilização de todas as peças que compoem o sistema, o produto em si. Quando esses problemas são detectados, as devidas correções são feitas e incorporadas ao modelo.

Essa análise geométrica será compatibilizada com as alternativas de solução de *Design* adotadas no processo de criação, nas quais podem ser os três processo de criação: biodesign, estética e CFD para o desenvolvimento do produto.

4.3.4.1 Biodesign

A Biônica é a ciência que estuda determinados processos biológicos dos seres vivos buscando referências para aplicar este conhecimento em benefício do ser humano. É a investigação sistemática das soluções orgânicas e estruturais aplicadas pela natureza aos seus elementos que visa colher dados para a solução de problemas técnicos de formas, estruturas ou objetos.

Para a Biônica, a natureza é uma inesgotável fonte de soluções. Hoje em dia, essa ciência é utilizada pela Engenharia Aero-espacial, Arquitetura, Medicina de próteses e transplantes, Cibernética e por Projeto de Produto (também conhecido como Biodesign).

De acordo com a proposta do **briefing** e de entrevistas com os usuários, pode-se relacionar essa alternativa a um das etapas do processo criativo.

4.3.4.2 Estética

O estudo da **Estética** (do grego *αισθητική* ou *aisthesis*: *percepção, sensação*) é um ramo da filosofia que tem por objeto o estudo da natureza do belo e dos fundamentos da arte.

A Estética estuda o julgamento e a percepção do que é considerado belo, a produção das emoções pelos fenômenos estéticos, bem como as diferentes formas

de arte e da técnica artística; a idéia de obra de arte e de criação; a relação entre matérias e formas nas artes. Por outro lado, a estética também pode ocupar-se do sublime, ou da privação da beleza, ou seja, o que pode ser considerado feio, ou até mesmo ridículo. (BARILLI, 1992)

Não entrando no campo filosófico do belo, o estudo e análise proposto é exclusivamente quanto à forma do produto como objeto plástico que irá se integrar harmoniosamente com os demais objetos à sua volta.

Através desse outro processo de criação, **imagens referenciais** de diversos produtos, com linhas de design inovador e moderno (banco de imagens), construirão no designer-pesquisador um outro modelo.

Com base no banco de imagens, o estudo da estética e do belo para o desenvolvimento do produto proposto será realizado de tal modo que satisfaça aos quesitos de ergonomia, funcionalidade e usabilidade determinados no *briefing* do produto.

4.3.4.3 CFD – Computing Fluid Dynamics

Uma outra linha no processo de criação poderá ser o comportamento físico do objeto de estudo com a representação virtual. O CFD - *Computational Fluid Dynamics*, pode ser descrita de forma generalizada como a simulação numérica de todos processos físicos e/ou físico-químicos que apresentam escoamento.

Através do comportamento físico do objeto (modelo virtual) pode ser feita uma estilização das linhas de contorno, cuja a finalidade é chegar numa forma geometrica bem próxima da forma do objeto.

De posse das tres alternativas de criação do modelo: biônia, estética e CFD, pode-se escolher a melhor alternativa de design através da **Matriz de Decisão** com os quesitos relacionados ao produto em questão.

4.3.5 Matriz de Decisão

Seja ou não o processo de seleção de um conceito explícito de *design* e/ou produto, sempre se vale de algum método para escolher entre conceitos que geram apenas um conceito. Os métodos variam em eficácia e incluem:

Decisão Externa: Conceitos são levados aos consumidores, clientes ou alguma outra entidade externa para seleção.

Preferência Pessoal: Um membro influente da equipe de desenvolvimento do produto escolhe um conceito baseado em sua preferência.

Intuição: O conceito é escolhido por sua intuição, por parecer melhor. Critérios explícitos ou *Trade-Offs* não são utilizados.

Prós e Contras: A equipe lista as virtudes e fraquezas de cada conceito e faz uma decisão baseada na opinião do grupo.

Protótipo e Teste: A organização constrói e testa protótipos dos conceitos, baseando sua escolha nos resultados dos testes.

Matrizes de Decisão: A equipe “dá notas” para cada conceito em critérios pre-estabelecidos de seleção, que podem ter pesos.

Diante desse cenário, com os três modelos do dispositivo de conforto personalizado, fazem-se necessárias algumas técnicas que auxiliem na tomada de decisão, buscando aquela que proporcionem mais assertividade quanto à solução de *design*.

Assim sendo será adotado, a princípio, o critério de escolha: **Matriz de Decisão** e em seguida a realização de **Protótipo e Teste**.

A **Matriz de Decisão** consiste em colher informações que constituam elementos de ponderação que levarão à possível solução de interesse, em linhas e colunas de uma matriz. Cada intersecção de linha e coluna é aplicada uma pontuação.

A matriz de decisão poderá conter pesos para alguns elementos cujos valores necessitam ser ressaltados. O maior valor detectado do modelo proposto constituirá,

possivelmente, a melhor decisão a ser tomada para a confecção do modelo virtual e/ou protótipo.

4.3.5.1 Seleção da Melhor Alternativa de Design

A seleção da melhor alternativa será realizada através de um grupo de *designers* e/ou profissionais da área, que tenham como diretrizes de suas escolhas o *briefing* do produto.

Essa escolha poderá ser realizada de forma individual e sigilosa, através de planilha eletrônica, onde as informações serão enviadas por meio eletrônico ao pesquisador-*designer* e/ou coordenador do projeto para tomada de decisão. No capítulo 6 adiante tem-se um exemplo de planilha, modelo específico para o desenvolvimento de um dispositivo de conforto personalizado.

A pontuação de cada item de avaliação está relacionada com o *briefing* do produto em questão para avaliar a melhor alternativa de projeto. Modelos esses que podem ser adaptados dependendo da situação e da solução de *design*.

Esses modelos serão avaliados sobre vários aspectos; neste caso específico, com maior peso quanto às características de estéticas e de usabilidade do produto, por exemplo. Após ser escolhido o modelo, esse será avaliado para posterior confecção do protótipo.

4.3.6 Verificação do Modelo Virtual

Nesta etapa do desenvolvimento do produto, o modelo 3D será preparado para a execução de estudos e experimentos com simulação que validem o projeto; esses estudos podem ser de ordem de funcionamento e integração de todos os componentes, compatibilizando todo o seu mecanismo com a geometria da parte interna e externa do modelo.

Poderá ser feita a simulação do protótipo virtual com um *software* de simulação indicado, como o **fluent** por exemplo e/ou outros que se fizerem necessários. E com esses estudos pode-se introduzir eventuais alterações no sentido de melhorá-lo, antes de passar à etapa seguinte que é a confecção do protótipo.

4.3.7 Protótipo

Ao contrário dos processos de usinagem, que subtraem material da peça em bruto para se obter a peça desejada, os sistemas de prototipagem rápida geram a peça a partir da união gradativa de líquidos, pós ou folhas de papel. Camada por camada, a partir de seções transversais da peças em plásticos, madeira, cerâmica ou metais.

Num sentido amplo do termo, a prototipagem rápida (RP – Rapid Prototyping) abarca um conjunto de tecnologias de modelação física para produzir rapidamente modelos e protótipos a partir da informação de desenhos do modelo gerados em CAD 3D, de dados digitalizados por varrimento CT (computed tomography), MRI (magnetic resonance imaging) e de dados obtidos por outros sistemas de digitalização (baseados na modelação computadorizada). Numa fase de pré-processamento, o modelo sólido em CAD é convertido em representação STL, isto é numa malha triangular superficial. Em seguida, através do software do equipamento de RP, este modelo é cortado em planos paralelos (“slicing”) cuja distância corresponde à espessura da camada a ser depositada pela tecnologia aditiva (Vasoncelos, P., et al., “O Fabrico Rápido de Ferramentas ao Serviço da Engenharia”, Porto, ESTG - Instituto Politécnico de Viana do Castelo, Portugal, Fevereiro, 2002).

Os dados para as máquinas de prototipagem são gerados no sistema CAD no formato STL, que aproxima o modelo sólido por pequenos triângulos ou facetas. Quanto menor forem estes triângulos, melhor a aproximação da superfície, ao custo naturalmente de maior tamanho do arquivo STL e tempo de processamento.

Uma vez que o arquivo **STL** é gerado, as demais operações são executadas pelo próprio *software* que acompanha as máquinas de prototipagem rápida.

Estes *softwares* irão gerar as seções transversais do modelo que será construído, além de operações básicas de visualização. Então tais dados são descarregados

para a máquina que irá depositar as camadas sucessivamente até que a peça seja gerada.

Dependendo do material selecionado para confecção do protótipo, deve-se escolher a máquina apropriada, confeccioná-lo, avaliá-lo e caso seja necessário introduzir eventuais alterações. Ressalta-se que a confecção do protótipo onera o custo final do projeto, devendo-se fazer avaliações pré-liminares antes de construí-lo.

4.3.8 Validação do Protótipo

Com a análise de possíveis falhas e/ou defeitos, pode-se realizar teste com o protótipo a fim de verificar sua geometria e o conjunto de seus componentes integrados em todo o sistema. Essa validação pode ser feita com testes de bancadas e/ou com usuários. O propósito desses testes é de assegurar que os aspectos relacionados à ergonomia do produto, usabilidade e pré-requisitos estabelecidos no *briefing* possam ser atendidos com sucesso.

4.3.9 Solução de Design

Após as devidas interferências realizadas na etapa anterior e conseqüentemente as alterações introduzidas, caso tenha sido necessário, executa-se todo o projeto mecânico, com a produção de todos os desenhos da representação gráfica para o planejamento e execução do projeto do produto.

Nesta etapa devem ser gerados relatórios relacionados à legislação, normas, patentes e documentos próprios que assegurem o processo de fabricação do produto.

4.3.10 Produção e Consumo

Nesta etapa do desenvolvimento do produto, o acompanhamento da produção e consumo do produto seguirá o planejamento da produção de seus componentes através do detalhamento do projeto. No projeto serão estabelecidos os critérios de fabricação e logística da distribuição no mercado consumidor, como o estudo de todas as variáveis quanto à montagem, distribuição e transporte ao mercado consumidor. Esse planejamento deverá ser feito de forma sistêmica integrando todas as áreas envolvidas. E por último o planejamento de retirada do produto, analisando o ciclo de vida do produto.

4.3.11 Ciclo de Vida do Produto

O termo ACV, ou em inglês, "*Life Cycle Assessment*" (LCA) foi utilizado primeiramente nos Estados Unidos da América (EUA) em 1990. A designação histórica para estes estudos de ciclo de vida ambiental, utilizados nos EUA desde 1970, era "*Resource and Environmental Profile Analysis*" (REPA), (Hunt e Franklin, 1996). O conceito de ciclo de vida tem-se estendido para além de um simples método para comparar produtos. O ciclo de vida tem objetivos mais específicos e abrangentes, tais como sustentabilidade (CURRAN, 1999). O desenvolvimento de produto, que não se limita por fronteiras geográficas, requer que estudo do ciclo de vida do produto continue a desenvolver a nível internacional.

A **Análise de Ciclo de Vida (ACV)** é a compilação e avaliação das entradas, saídas e dos potenciais de impactos ambientais de um sistema de produto ao longo do seu ciclo de vida (FERREIRA, 2004).

O termo Ciclo de Vida, refere-se à maioria das atividades no decurso da vida do produto desde a sua fabricação, utilização, manutenção, e deposição final; incluindo aquisição de matéria-prima necessária para a fabricação do produto. A Figura 20 ilustra os possíveis estágios de ciclo de vida que podem ser considerados numa ACV e as típicas entradas/saídas medidas (USEPA, 2001).

Figura 20 – Estágios do ciclo de vida do produto (Fonte: USEPA 2001).

Na **Análise de Ciclo de Vida (ACV)** de um produto ou serviço, todas as extrações de recursos e emissões para o ambiente são determinadas, quando possível, na forma quantitativa ao longo de todo o ciclo de vida, desde que “nasce” até que “morre” – *from cradle to grave*, sendo com base nestes dados que são avaliados os potenciais impactantes nos recursos naturais, no ambiente e na saúde humana.

O processo ACV é uma sistemática abordagem em fases composta por quatro componentes: definição de objetivos e âmbito; análise de inventário; análise de impacto; e interpretação dos resultados, conforme ilustra a Figura 21 a seguir.

Figura 21 – Fases de uma Análise de Ciclo de Vida (Fonte: ISO 14040:1997)

Os benefícios de um estudo ACV em conjunto com outra informação, por exemplo, dados de custo e performance, podem ajudar os responsáveis pela tomada de decisão na seleção de produtos ou processos que resultem num menor impacto para o ambiente.

De acordo com a elaboração de um estudo ACV, os pesquisadores podem (USEPA, 2001):

- Desenvolver uma sistemática avaliação das consequências ambientais associadas com um dado produto;
- Analisar os balanços (ganhos/perdas) ambientais associados com um ou mais produtos/processos específicos de modo a que os visados (estado, comunidade, etc) aceitem uma ação planejada;
- Quantificar as descargas ambientais para o ar, água, e solo relativamente a cada estágio do de vida e/ou processos que mais contribuem;
- Assistir na identificação de significantes trocas de impactos ambientais entre estágios de ciclo de vida e o meio ambiental;
- Avaliar os efeitos humanos e ecológicos e na saúde humana entre dois ou mais produtos/processos ou identificar os impactos de um produto ou processo específico;
- Identificar impactos em uma ou mais áreas ambientais específicas de interesse.

O estudo ACV não determina qual produto ou processo é mais caro ou funciona melhor. Por isso, a informação desenvolvida num estudo ACV deve ser utilizada como uma componente de um processo de decisão que conta com outras componentes, como sejam, o custo e a performance, tendo, portanto, sua importância no desenvolvimento de um produto e conseqüentemente o seu descarte..

5 EXEMPLO DE APLICAÇÃO PARCIAL DO MÉTODO MAPP-3A

O exemplo descrito a seguir trata-se da aplicação parcial do método MAPP-3A para o projeto de um dispositivo de conforto personalizado para posterior comparação com o método realmente usado pelo escritório de *design*.

5.1 Análise do Problema de Design

O ponto de partida para o desenvolvimento da parte externa do **dispositivo de conforto personalizado** foi os croquis de sua estrutura mecânica, e por conseguinte o projeto detalhado do protótipo, modelo não funcional - *mockup*.

A estrutura mecânica do dispositivo foi idealizada pela orientadora desta pesquisa através de um esboço a lápis em 2D das partes internas do mecanismo e de seu funcionamento. Depois de várias reuniões com um pesquisador da área de mecânica, concebeu-se o modelo tridimensional através de um *software* de CAD 3D Parâmétrico de todo mecanismo.

De posse deste modelo 3D da parte mecânica, este foi apresentado em powerpoint com detalhes do mecanismo e funcionamento aos diretores de uma empresa multinacional com interesse de fabricá-lo e lançá-lo no mercado.

Um fato relevante no processo de desenvolvimento do método aqui proposto, foi que houve a necessidade de fazer um curso prático e específico, direcionado para a área de *design* industrial de produto que pudesse substanciar esta pesquisa, realizado no SENAI – Suiço Brasileiro.

Durante este curso estabeleceu-se o contato entre a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo e o SENAI – Suiço Brasileiro através do pesquisador deste estudo à sua orientadora, na qual sob sua coordenação desenvolveu-se um *mockup* ou simplesmente o modelo físico (não funcional) do dispositivo. Em seguida com a apresentação de alguns esboços do *design* do envoltório do dispositivo a Prof^a. Dr^a. Brenda Leite chegou à conclusão de que se deveria preparar um *briefing*

de projeto, porque ficou evidente que os objetivos e necessidades quanto ao desenvolvimento do dispositivo em relação ao *projeto* deveriam ser claros, mesmo seguindo uma metodologia de projeto aberta.

5.1.1 Briefing de Projeto do Dispositivo de Conforto Personalizado

De acordo com o método de projeto proposto, o **briefing do dispositivo de conforto personalizado** deveria conter as seguintes informações:

Forma de execução: Aplicação do método proposto; realização de estudos experimentais do(s) protótipo(s) virtuais e/ou físico; elaboração da matriz de decisão para escolha do modelo ideal; simulação em CFD (*Computing fluid dynamics*) e possível utilização da tecnologia PR para confecção e validação do protótipo;

Prazo: Tempo da realização da pesquisa;

Design: O dispositivo deverá ser integrado ao mobiliário de forma harmoniosa, de modo que estética e forma possam valorizar o ambiente; o material de fabricação do dispositivo deverá ser de fácil manuseio pelo usuário e de baixo custo;

Os resultados a seguir criados pelos usuários por meio de ajustes em dispositivos individuais de controle de vazão de ar, associados com as entrevistas e observações feitas durante os ensaios quanto ao posicionamento dos dispositivos e análise dos perfis de temperatura do ar (LEITE, 2003), observou-se que:

- O incremento da vazão de ar, deu-se nos níveis do **tórax e/ou cabeça**, pois os dispositivos de controle (difusores da estação de trabalho) estavam nas laterais;
- 94% das pessoas utilizaram os dois dispositivos (instalados um de cada lado da pessoa) para regular a vazão de ar, que 70% preferiram a direção do fluxo de ar na horizontal, de forma direta ou indiretamente para o corpo;
- Na opinião de 70% das pessoas, as temperaturas do ar fornecido pelos dispositivos (na faixa de 20,5°C a 23,5°C) eram adequadas, mas 16% disseram

que poderia ser mais altas e 14% que deveria ser mais baixa. Esses dados foram obtidos através das medições realizadas antes e depois dos ajustes individuais;

- A posição dos dois dispositivos de ajustes de vazão de ar deve ser próxima ao usuário, o que lhe dá a opção de utilizar os dois ou apenas um, de acordo com a sua preferência;
- A faixa de velocidades do ar, para a faixa de temperaturas definida como preferencial (depois dos ajustes individuais) pode chegar a ter valores da ordem de 0,35 m/s como limite superior. É importante ressaltar que, de acordo com a ASHRAE Standard 55a (1995), as zonas de conforto podem ser alteradas em função de acréscimos de temperatura e velocidade do ar, dependendo da vestimenta, da atividade e da diferença de temperatura entre a vestimenta e a superfície da pele.

5.2 Pesquisa de Design em Relação ao Dispositivo de Conforto Personalizado

Considerou-se neste caso específico, para que se compreenda melhor o que é o exemplo, o estudo sobre conforto térmico, sistema de insuflamento de ar pelo piso, conforto personalizado, ergonomia, usabilidade do produto e estudo de tecnologias que poderiam ser aplicadas no desenvolvimento do produto. Esses assuntos são relacionados diretamente ao produto em questão e necessários para se consolidar a pesquisa e para desenvolver o dispositivo. Esse estudo é parte integrante da lista de verificação apresentada por este método.

5.2.1 Conforto Térmico

A definição de conforto térmico é bastante difícil, pois além dos fatores físicos envolvidos, os fatores pessoais tornam sua definição subjetiva. De acordo com a definição da norma ASHRAE 55 (2004), o conforto térmico é “um estado de espírito que reflete satisfação com o ambiente térmico que envolve a pessoa”.

Segundo Fanger (1972), a partir do balanço térmico do corpo humano mostra-se que o conforto térmico depende de parâmetros pessoais (taxa de metabolismo e tipo de vestimenta) e parâmetros ambientais (temperatura do ar, temperatura média radiante, velocidade e umidade do ar), pois é impossível considerar a influência dos fatores físicos independentemente, pois o efeito de cada um deles depende do nível e das condições dos outros fatores.

Ao se criar condições ambientais artificiais, tem-se o objetivo de conseguir o meio tal que cada pessoa esteja em conforto térmico.

O sistema de ar condicionado é um recurso complementar adotado na intenção de ajudar a garantir o bem estar se for bem projetado, tiver custos reduzidos de operação e manutenção, e por outro lado for planejado juntamente com o projeto de edificação. (LEITE, 2003).

5.2.2 Sistema de Insuflamento de Ar pelo Piso

A distribuição de ar pelo piso foi originalmente introduzida na década de 1950 em espaços específicos com cargas térmicas altas e localizadas (CPDs, centros de controle, laboratórios). Para isso foram utilizados pisos elevados com a função não só de acomodação de cabos de energia, telefonia e transmissão de dados, como também para construir um reservatório de ar frio a ser fornecido ao ambiente. Entretanto, não havia a preocupação com o conforto térmico, havendo a possibilidade de convecção natural para o ar de retorno pelo teto (LEITE, 2003).

Os sistemas UFAD – *Underfloor Air Distribution System* são compostos basicamente por uma câmara de ar frio (*plenum*), formado pelo vão entre o piso elevado (modular ou monolítico) e a laje de concreto do pavimento, suprido por uma unidade primária de resfriamento do ar (geralmente *chiller* e *fan coil*) e unidades terminais (difusores) que distribuem o ar nos ambientes. O *plenum* é uma câmara de ar frio pressurizado ou com pressão zero (pressão negativa instantânea), ilustrado na Figura 22.

Figura 22 – Sistema de insuflamento de ar pelo piso – corte esquemático (Adaptado da Better Bricks Workshop, USA, 2005).

Quanto à temperatura do ar no ambiente, suas características de distribuição são bastante diferentes daquelas apresentadas pelo sistema convencional com insuflamento pelo teto. No sistema convencional, a temperatura do ar no ambiente, na altura média, é praticamente a mesma do ar de retorno (LEITE, 2003).

No sistema UFAD, se a temperatura do ar de retorno não passar de 28 °C, a temperatura do ar no ponto médio do ambiente deverá ficar por volta de 25 °C ou 26 °C. O perfil de temperatura no ambiente se torna estratificado, embora a diferença de temperatura entre os níveis 0,10 m e 2,00 m do piso em direção ao teto não ultrapasse 3 °C, na maioria dos casos avaliados por pesquisadores da área (SKISTAD, et. al., 2002), Figura 23.

Figura 23 – Estratificação da temperatura no UFAD System
(Adaptado da Better Bricks Workshop, USA, 2005).

Algumas considerações sobre o desempenho do sistema de ar condicionado com insuflamento pelo piso devem ser observadas; por se tratar de uma tecnologia relativamente nova, existem aspectos positivos e negativos, com base em resultados de pesquisas internacionais e brasileiras, tanto no campo da simulação quanto da experimentação em laboratório, como também no campo da aplicação, ou seja, avaliações de desempenho de sistemas instalados em funcionamento no edifício (LEITE, 2003).

De acordo com pesquisas internacionais e brasileiras, existe uma forte tendência para o uso desta nova tecnologia, Figura 24, uma vez que promove alguns efeitos que não são alcançados pelo sistema convencional (LEITE, 2003).

Figura 24 – Novos edifícios de escritórios com piso elevado e sistema de climatização com distribuição de ar pelo piso (Adaptado da Better Bricks Workshop, USA, Bauman, 2005).

Observa-se que em 1995, menos de 3% dos novos edifícios de escritórios possuíam piso elevado, e uma parcela muito pequena, sistema de climatização com distribuição de ar pelo piso. Entre 2001 e 2003, 7% dos novos edifícios apresentavam piso elevado, sendo que 15% deles, sistema de climatização com distribuição de ar pelo piso. E finalmente em 2004, cerca de 14% dos novos projetos utilizaram piso elevado, e 45% deles, sistema de climatização com distribuição de ar pelo piso.

Um dos fatores importantes nos sistema de insuflamento pelo piso é que existe a possibilidade de utilizar dispositivos de conforto personalizado nas estações de trabalho. A incorporação desse dispositivo ao sistema de ar condicionado, influencia a economia do sistema, a produtividade das equipes e a satisfação dos usuarios com o controle de seu micro-clima nas estações de trabalho.

5.2.3 Conforto Personalizado

A ASHRAE desenvolveu um estudo sobre conforto térmico, em meados dos anos 1980 e realizou uma série de estudos em escritórios espalhados em quatro zonas

climáticas (DEAR; BRAGER, 2002), e o resultado desta pesquisa provou que o conforto térmico e a qualidade do ar teve os resultados mais baixos, sendo que o acústico foi o mais baixo de todas as categorias.

Neste cenário de alta tecnologia, com o aquecimento global, faz-se cada vez mais necessária a criação de um dispositivo para conforto personalizado, que influenciará o conforto térmico, saúde, produtividade e o uso de energia.

O controle individual do micro-clima em cada estação de trabalho tem um número de vantagens importantes, em comparação com aquecimento e esfriamento convencional. Mesmo que temperaturas neutras individuais sejam diferentes entre os ocupantes, pois são fortemente afetados por atividade, vestuário e fadiga, com controle individual suficiente do micro-clima é teoricamente possível se alcançar o ideal, em que todos ocupantes do edifício estejam se sentindo 100% confortáveis durante todo tempo.(TSUZUKI; ARENS; BAUMAN; WYON, 1999)

A condição de conforto necessária para cada pessoa difere e frequentemente muda, o uso de um condicionamento de tarefa, ou individual (*Task/ambient air conditioning*), poderá eliminar este problema.

Pessoas estão em conforto quando o calor removido é igual ao calor gerado. O calor gerado varia de 80 kcal/h a 800 kcal/h, estando relacionado principalmente à atividade física, conforme ilustrado na Figura 25.

Figura 25 – Variação da taxa de metabolismo, Levy (2002).

Essa variação ocorre entre as pessoas de diferentes peso, metabolismo, sexo, vestimenta, estado de saúde e até atividade mental (ASHRAE *Handbook of Fundamental*, 2001).

Para manter as atividades dos órgãos vitais, a temperatura interna do corpo humano deve ser mantida praticamente constante, por volta de 37°C. Esta temperatura interna é mantida constante somente se ocorrer um equilíbrio entre o calor produzido pelo corpo e o perdido para o ambiente, levando-se em conta oito fatores de conforto, tais como: temperatura, umidade, calor infravermelho, atividade física, fatores psicológicos, vestuário, qualidade do ar e movimento do ar.

O conforto personalizado, conhecido também como de tarefa, dos sistemas de insuflamento de ar pelo piso, fornecem ar diretamente na zona de respiração dos ocupantes e tem o potencial de melhorar a qualidade do ar inalado e a eficiência de ventilação comparado com sistemas convencionais de ventilação (MELIKOV, 2004).

O dispositivo de conforto personalizado proporcionará em cada estação de trabalho a condição para o conforto térmico, na qual os ocupantes podem ajustar a quantidade e direção do ar (*varying air velocity* – VAV). Isso possibilita variar a temperatura “percebida” e “efetiva”, sem afetar outros ocupantes.

Fanger et al. (1973, 1985, 1986 e 1989) em muitos estudos demonstram que o conforto personalizado vai levar à maior produtividade dos funcionários e grande satisfação, como também influência nos custos operacionais dos edifícios.

Segundo Levy (2002), manter as temperaturas diferenciadas num ambiente climatizado é impraticável com os sistemas de climatização tradicionais; o melhor método de proporcionar o controle individual é a criação de um meio e/ou mecanismo em que o fluxo de ar personalizado seja posicionado em cada estação de trabalho. Isto se dá graças à tecnologia do sistema de insuflamento de ar pelo piso, que a cada vez mais é usado nos escritórios de edifícios.

A eficácia desta abordagem foi testada e comprovado na Universidade da Califórnia em Berkeley, por Fred Bauman, et al., e publicada como "laboratório de teste de APACS," em 24 de abril 2000. Os testes mostram que, variando o fluxo de ar, os

ocupantes podem efetuar uma mudança no seu microclima a fim de alcançar conforto térmico.

5.2.4 Estudo da Ergonomia do Produto Dispositivo de Conforto Personalizado

A melhor posição do dispositivo de conforto personalizado poderá ser estudado, quanto à dinâmica dos fluídos, através de programas computacionais de simulação e/ou estudos comportamentais dos usuários em laboratórios quanto à sua operação. De acordo com Grandjean, 1983, os dispositivos deverão estar na distância vertical entre 35 e 45 cm (alcance mínimo), como mostra a Figura 26, na parte superior da mesa, nas laterais. No plano horizontal, o dispositivo de conforto personalizado deverá atingir uma altura máxima de 30 cm em relação à borda superior da mesa.

Figura 26 – Áreas de alcances ótimos e máximo na mesa, para trabalhador sentado (Grandjean, 1983).

5.2.5 Estudo da Usabilidade do Produto - Princípio de Usabilidade Aplicada ao Dispositivo de Conforto Personalizado

O controle de vazão de ar criado será de fácil manuseio e aprendizado, respeitando os modelos existentes para os usuários, dispositivos existentes como, por exemplo, em carros e aviões.

Os **controle giratórios** (anéis de controle) de difusão do ar do dispositivo será constituído de material **soft-touch e/ou botão**, porque cognitivamente indica que é um material que deve ser tocado e manuseado pelo usuário. Estes controles estabelecem intuitivamente como o usuário deverá proceder para acionar todo o mecanismo de operação do dispositivo e ter o controle de seu micro-clima na estação de trabalho.

Melhorar a usabilidade deveria ser uma das preocupações no desenvolvimento de produtos. Uma das formas das empresas promoverem esta melhoria é através do **input** e **feedback** dos usuários de seus produtos (BEZERRA, 2007). Portanto deverá ser considerado que após a aplicação do método aqui proposto e a criação do primeiro protótipo, este deverá ser testado com usuários para o seu efetivo desenvolvimento e aperfeiçoamento do produto.

5.3 Estudos de Tecnologias Envolvidas

As tecnologias envolvidas deverão ser estudadas de acordo com as necessidades do projeto, cujo propósito é de agilizar o processo e garantir o sucesso do produto. As tecnologias de ponta existentes no meio acadêmico podem ser utilizadas para viabilizar produtos novos com melhor qualidade, redução de tempo e diminuição do custo.

No caso específico do dispositivo de conforto personalizado e/ou outros produtos, as tecnologias CAD e de prototipagem rápida são bastante utilizadas no desenvolvimento industrial de produto.

5.3.1 Tecnologia CAD

Um dos modelos do dispositivo de conforto personalizado (biônica) foi desenvolvido no Rhinoceros, ou Rhino, como é mais conhecido – é um *software* de modelagem NURBS que vem sendo cada vez mais utilizado por profissionais da área de *design*, além de combinar a precisão das tradicionais tecnologias CAD e CAM com a flexibilidade da modelagem de curvas e superfícies para criar objetos de formas simples ou complexas.

Devido à flexibilidade do Rhinoceros e precisão, a modelagem tridimensional pode ser usada para ilustrações, animações e para o desenvolvimento e fabricação de produtos.

5.3.2 Preparação do Modelo e/ou Protótipo

A preparação do modelo em questão pode se iniciar pela sua validação e correção quanto à geometria do *mockup*, o que geralmente se chama de **análise da geometria**, que consiste em executar a verificação dos dados de entrada no formato **STL**, necessária para certificação da ocorrência de alguma anomalia geométrica.

5.3.3 Tecnologia de Prototipagem Rápida – PR - Escolha do Equipamento para possível Confeção do Dispositivo

A respeito da escolha da tecnologia PR para ser aplicada na confecção do protótipo de um produto, como exemplo o dispositivo de conforto personalizado, o levantamento das tecnologias PR existentes, a visita técnica e os diálogos estabelecidos com os profissionais de uma empresa de prototipagem rápida, concluiu-se que a melhor tecnologia seria a **SLS – Selective Laser Sintering** (Sinterização Seletiva a Laser). Isto porque, utilizando-se o equipamento **Sintersstation®HIQ™ - SLS (Selective Laser Sintering)**, é possível passar

diretamente do arquivo CAD 3D para uma peça funcional plástica, que é o caso do material escolhido para confecção do dispositivo.

Por sua vez, o protótipo em SLS do dispositivo de conforto personalizado permitirá a realização de testes funcionais e estudos, tais como: ergonomia, funcionalidade, melhor posição e integração no mobiliário.

Esses testes auxiliarão na validação do projeto desenvolvido com esta tecnologia, que permite velocidade na construção do protótipo, peça com detalhes mais precisos e de alta resistência mecânica, a um menor custo.

Quanto ao material que será utilizado para sinterização – **SLS Flex** o mesmo é um elastômero termoplástico com flexibilidade e funcionalidade similares ao da borracha, pois o dispositivo terá regiões flexíveis, onde o usuário poderá direcionar o difusor, permitindo que o jato de ar fique direcionado para qualquer direção a seu critério.

A aplicação do material de acabamento **Soft-Touch**, proposto neste estudo, permite cognitivamente o melhor manuseio e identificação da área de toque por parte do usuário para controle dos dispositivos.

Os benefícios do material utilizado na confecção do protótipo permite a realização de testes funcionais repetitivos, a produção de peças finas duráveis e a opção de confeccioná-lo em diversas cores, se for necessário, para possível estudo de cor do objeto.

5.4 Processo de Criação

Na aplicação do método proposto, a criação do dispositivo de conforto personalizado baseou-se em reuniões e conversas com a orientadora da pesquisa, sobre o comportamento do fluxo de ar, de pesquisas realizadas com os usuários e dos *insights* na criação de todo o mecanismo interno do produto.

No processo criativo do mesmo dispositivo, algumas linhas de criação foram desenvolvidas com o propósito de escolher um modelo esteticamente ideal e

funcional, que poderia ser avaliado posteriormente numa matriz de decisão, apresentada neste trabalho em capítulo anterior.

5.4.1 Processos Intuitivos e Perceptivos

No caso do processo de criação do dispositivo, o conhecimento poderá ser construído e as informações adquiridas durante o processo, mediante o **problema de design** que foi gerado; tornarão possível a sua idealização, através de linhas de pesquisas adotadas e processos criativos quanto à construção da forma. Esses processos e/ou métodos descrevemos a seguir nos próximos parágrafos como exemplos.

5.4.2 Imagens Referenciais

Um outro processo utilizado neste método de projeto de produto foi a utilização de **imagens referenciais** de diversos objetos, com *design* moderno e inovador.

No processo de criação do dispositivo de conforto personalizado, o propósito foi de encontrar formas e/ou construir formas esteticamente agradáveis de um dispositivo belo e integrado ao mobiliário, mas que atendesse ao *briefing* de produto aqui estabelecido.

Essas imagens foram armazenadas em um banco de imagens, composto de 736 exemplares, como exemplo de algumas imagens a Figura 27, cujo propósito é o de construir esteticamente o *design* do produto e as linhas de criação que assim determinassem a sua forma como imagens referências para o *designer*.

Figura 27 – Parte do banco de imagens, que é composto de 736 exemplares (extraídos da web).

5.4.3 Insights

Este outro processo de criação foi direcionado para a **biônica**, uma outra proposta do processo de criação do método de projeto e de acordo com o **briefing** do produto, na qual deveria ser de fácil manuseio, com o direcionamento dos difusores em qualquer sentido à critério do usuário.

O insight de criação neste caso, a coluna cervical do ser humano, serviu como inspiração na criação de um dos modelos propostos do dispositivo de conforto personalizado, como exemplo.

5.4.4 Painel Semântico

Relacionando vários fatores de relevância na elaboração do projeto conceitual, neste caso o painel semântico, ilustrado na Figura 28, identifica-se: o público alvo, o local de instalação do produto, as possíveis cores do dispositivo e o CFD – *Computing Fluid Dynamics* (comportamento do fluido, ar).

Figura 28 – Proposta de painel semântico para desenvolvimento do dispositivo de conforto personalizado

5.5 Alternativas de Solução de Design do Dispositivo

Como sugestão no processo de criação do dispositivo de conforto personalizado pode ser adotado três alternativas para a solução de *design*: Biônica e/ou Biodesign, Estudo da Estética e CFD, mas que dependendo do produto outras alternativas

poderão ser escolhidas. Para isso, é necessário um estudo dessas alternativas para melhor conceituar o produto em questão.

5.5.1 *Biônica e/ou Biodesign*

De acordo com a proposta do **briefing** e de entrevistas com os usuários, é de interesse do usuário direcionar os difusores para qualquer direção, de acordo com suas preferências.

Sendo assim, foi adotado o estudo da coluna vertebral do corpo humano, ilustrado na Figura 29, como **insight** no processo de criação de um dos modelos, como exemplo e aplicação desse método.

Figura 29 – Coluna vertebral do corpo humano
(extraído de Anatomy for The Artist, Sarah
Simblet – Photography John Davis)

O corpo pode ser movimentado para qualquer direção; sendo assim foi estudada a anatomia e funcionamento de encaixe das vertebrae **atlas** e **axis** em destaque na Figura 30, que justapostas, formam a coluna vertebral, ou raque, eixo de sustentação do corpo humano.

Por outro lado a coluna vertebral é o eixo ósseo do corpo, situada no dorso, na linha mediana, capaz de sustentar, amortecer e transmitir o peso corporal. Além disto, supre a flexibilidade necessária à movimentação, protege a medula espinhal e forma com as costelas e o esterno o tórax ósseo, que funciona como um fole para os movimentos respiratórios.

Figura 30 – Desenhos das vértebras da coluna vertebral do corpo humano (extraído de *Anatomy for The Artist*, Sarah Simblet – Photography John Davis)

A estilização das linhas de contorno destas vértebras deram origem a um elemento plástico com curvas de *design* diferenciado, como exemplo o Modelo 1, ilustrados nas Figuras 31 e 32, que encaixadas entre si, como mostram as imagens a seguir, proporcionam movimentos em todas as direções conforme *briefing* de projeto.

Figura 31 – Modelo N° 1- dispositivo de conforto personalizado, baseado na biônica.

Figuras 32 – Modelo N° 1 - dispositivo de conforto personalizado posicionados na estação de trabalho – baseado na biônica.

Ressalta-se que as outras linhas de criação – **Estética e CFD**, não foram desenvolvidas neste estudo por questões circunstanciais e por não ser a criação do objeto o objetivo principal deste trabalho.

5.6 Matriz de Decisão

A Matriz de Decisão é o ponto crucial para escolha da melhor alternativa de *design*, quando todo o conceito do projeto será apresentado ao cliente. Nessa matriz, vários fatores, sejam técnicos, da forma, da funcionalidade, da usabilidade e de custo, serão balizados e pesados. Com o cruzamento dessas informações é possível tomar a melhor decisão quanto ao desenvolvimento do produto e seu sucesso.

5.6.1 Seleção da Melhor Alternativa de Design Aplicada no Desenvolvimento do Dispositivo de Conforto Personalizado

Neste caso específico, a sugestão para seleção da melhor alternativa será realizada através de um grupo de *designers* e/ou profissionais da área, que tenham como diretrizes de suas escolhas o *briefing* do produto exposto neste estudo.

Essa escolha poderá ser realizada de forma individual e sigilosa, através de planilha eletrônica, ilustrada pela Figura 33, onde as informações poderão ser enviadas por meio eletrônico ao pesquisador-designer.

Esses modelos serão avaliados sobre vários aspectos, mas com maior peso quanto às características de **Estéticas e Usabilidade** do produto, neste caso específico. Neste exemplo, Os pesos foram atribuídos arbitrariamente, a título de ilustração e a somatória dos mesmos, em cada quesito é igual a 10. , com pontuações maiores para os quesitos de **Cores e Integração com o mobiliário de escritório** – Estética; **Facilidade de manuseio (Direcionamento do difusor)** e **Facilidade de uso** – Usabilidade, a fim de satisfazerem os pré-requisitos do *briefing*.

O modelo ideal escolhido para confecção do protótipo será aquele que obtiver a maior nota global consolidada de todos os profissionais envolvidos na pesquisa e/ou profissionais convidados nesta etapa do trabalho, como sugestão no processo de decisão da melhor alternativa.

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO:

Pesquisador : Willyams Mello

Orientadora : Dra. Profa. Brenda Leite

SELEÇÃO DA MELHOR ALTERNATIVA DE DESIGN - CONFECÇÃO DO PROTÓTIPO
Modelo do Dispositivo de Conforto Personalizado

Nome do Profissional da Área:							
Local / Data da Avaliação:		São Paulo ____/____/____					
QUESITOS DE AVALIAÇÃO	PESO	MODELO N° 1		MODELO N°2		MODELO N° 3	
		NOTA	TOTAL	NOTA	TOTAL	NOTA	TOTAL
E S T E T I C A	Combinação de formas e/ou forma	1.0					
	Cores	2.5					
	Materiais	1.0					
	Textura	1.0					
	Acabamento	2.0					
	Integração com o mobiliário de escritório	2.5					
U S A B I L I D A D E	Facilidade de manuseio (Direcionamento do difusor)	4.0					
	Operação do dispositivo (Controles do mecanismo)	2.0					
	Facilidade de uso	2.5					
	Posição do dispositivo em relação ao usuário	1.5					
NÚMERO TOTAL DE PONTOS - NOTA DE CADA MODELO							
MAIOR NOTA							
MODELO ESCOLHIDO							

Figura 33 – Planilha para avaliação da melhor alternativa de design – matriz de decisão.

6 ESTUDO DE CASO DO DISPOSITIVO DE CONFORTO PERSONALIZADO DESENVOLVIDO PELO ESCRITÓRIO DE DESIGN

O método de projeto de desenvolvimento de produto originado desta pesquisa, foi elaborado paralelamente ao mesmo tempo que o desenvolvimento do dispositivo de conforto personalizado pelo escritório de *design*. Haja visto que toda a parte mecânica já havia sido criada pela orientadora desta pesquisa Prof^a. Dr^a. Brenda Leite.

Portanto o dispositivo de conforto personalizado serviu como referência para a realização desta pesquisa no que diz respeito à criação do método de projeto de produto que aqui foi exposto. Depois que o dispositivo foi criado pelo escritório de *design*, o método de projeto deste escritório serviu também para avaliar comparativamente o método **MAPP-3A**, como estudo de caso.

Ressalta-se que na apresentação deste estudo de caso, as imagens não serão apresentadas por uma questão de sigilo e patente, onde não foi autorizado pelo inventor/cliente/fabricante. Utilizou-se a entrevista com o profissional do escritório de *design*, e a visualização de todas as imagens de apresentação da parte mecânica, *mockup* não funcional e apresentação eletrônica das etapas de criação e desenvolvimento do produto, com autorização da Prof^a Brenda.

De acordo com a entrevista realizada com o profissional de *design*, cujo conteúdo está apresentado na íntegra, no **Apêndice C**, e reuniões realizadas com a orientadora desta pesquisa e uma profissional de *design* de produto, o dispositivo de conforto personalizado foi desenvolvido conforme descrito nos itens seguintes.

6.1 Briefing

Já existia um pré-briefing elaborado pela Prof^a Dra. Brenda Leite que estabelecia boa parte dos elementos funcionais do produto – parte mecânica, na qual sob sua

coordenação desenvolveu-se um *mockup* ou simplesmente o modelo físico (não funcional) do dispositivo no SENAI – Suíço Brasileiro, exposto no capítulo 5, item 5.1.1 - Briefing de Projeto do Dispositivo de Conforto Personalizado. Os projetos deste mockup foram encaminhados para o escritório de *design*, a fim de se obter todas as informações necessárias para desenvolvimento e aperfeiçoamento do dispositivo.

Entretanto, houve a necessidade por parte do escritório de *design*, compilar estas informações numa matriz de decisão, mesmo sabendo que teria de se desenvolver um produto baseado exclusivamente nas informações técnicas e pré-requisitos fornecidas pelos experimentos da Dra. Brenda Leite. De acordo com o escritório de *design*, esta compilação visava equacionar os pré-requisitos técnicos numa matriz metodológica.

6.2 Método de Projeto de Produto utilizado pelo Escritório de Design

O método de projeto utilizado consiste basicamente nas seguintes etapas de desenvolvimento, onde pode-se chamar de macro etapas e a respectiva lista de atividade de cada etapa:

Etapas 01 - Levantamento de dados

- *Briefing* com o Cliente;
- Levantamentos sobre consumidor / usuário do produto (Semiótica);
- Levantamentos sobre o mercado do produto;
- Levantamento de concorrentes diretos e indiretos do produto;
- Levantamento de produtos similares;
- Levantamento de processos produtivos para o produto;

- Levantamento de Informações técnicas dos componentes do produto;
- Definição dos valores de percepção, de identidade e uso do produto e preço;
- Apresentação da etapa 01.

Etapa 02 - Definição de alternativa

- Geração de alternativas formais para os produtos;
- Análise de Valores das alternativas;
- Definição da alternativa final;
- Apresentação da etapa 02.

Etapa 03 - Modelo 3D do produto

- Refinamento da alternativa;
- Aplicação dos componentes e montagem virtual do produto desenvolvido;
- Detalhamento técnico dos produtos por meio *software 3D*;
- Apresentação da etapa 03.

Etapa 04 – Prototipagem

Etapa 05 - Prototipagem e avaliação

- Revisão do projeto, via avaliação do protótipo;
- Fechamento dos arquivos digitais.

Etapa 06 - Acompanhamento da produção

- Acompanhamento da construção do ferramental para produção das peças.

De acordo com o profissional de *design* este método de trabalho foi construído ao longo de vários projetos, ou seja, em dez anos de trabalho, onde seu método foi sendo aperfeiçoado, tendo também como base em diversas referências teóricas de metodologias.

6.3 Processo de Criação

No caso do dispositivo de conforto personalizado, o espaço corporativo foi central para o desenvolvimento do produto, assim como as premissas e pré-requisitos passadas pela orientadora desta pesquisa ao escritório.

Basicamente teve duas linhas como referências (**Forma e Função, e Técnicos do Produto**), no processo criativo. Questões estas relacionadas ao desenvolvimento do projeto:

1º - Forma e Função - Avaliação a partir das pesquisas da equipe de *design* do escritório:

- conforto térmico individual;
- capacidade de controle individual;
- eficiência térmica;
- boa ergonomia e usabilidade;
- nicho de conforto – a estação de trabalho;
- economia de energia;
- otimização de espaço de trabalho;
- integração forma com o espaço.

2º - Técnicos do Produto - Avaliações a partir das pesquisas da Dra. Brenda – pré-requisitos:

- controlador de Vazão (obturador);
- controlador de Fluxo (difusor);
- direcionador de Fluxo.

De acordo com o profissional de *design*, a funcionalidade teve maior peso em relação à forma, pois segundo ele a forma é o resultado da necessidade funcional do dispositivo de conforto personalizado. Mas o que deve ser ressaltado é que existiam limites formais e realmente restritos na criação do produto.

Os limites impostos pelas pesquisas da Profª Brenda Leite eram a preocupação máxima sob o ponto de vista de usabilidade. Mas o escritório teve uma preocupação quanto ao uso apropriado e a ergonomia do produto.

Segundo o *profissional de design* “Não há produto sem a preocupação com o uso. Mas vale ressaltar que o uso apropriado do produto não está sempre relacionado com a boa prática da ergonomia, pois existem muitos produtos “ergonomicamente corretos” sob o ponto de vista da literatura, que simplesmente são abandonados, ou subutilizados por seus usuários, simplesmente pelo fato do idealizador/cliente não conseguir entender a real intenção ou real maneira de uso que o consumidor/usuário se relaciona com o produto”. Em outras palavras, a preocupação quanto ao uso do **extensor** pelo usuário – elemento Z (na vertical) e os graus de liberdade de uso poderiam não ser entendidos pelo usuário.

Portanto quanto ao extensor existe uma preocupação do *designer* e do cliente a respeito do custo do produto, da usabilidade, da integração com o mobiliário e função, mas que deverá ser investigado com entrevistas e comportamento do usuário numa etapa posterior para validação do produto.

E de acordo com a experiência do profissional de *design*, quanto mais simples, maior o grau de satisfação do usuário quanto ao uso, pois a simplicidade no uso deve sempre sobrepor à complexidade técnica-ergonômica imposta pelas pesquisas.

6.3.1 Painel Semântico

De acordo com esse profissional, a preocupação estética foi constante e ainda é causa de algumas discussões no projeto.

A ferramenta metodológica utilizada é o Painel de Valores e/ou Painel Semântico, através da análise iconográfica de várias imagens, como produtos relacionados ao conforto, dispositivos de conforto térmico, dispositivos de última geração, público alvo e ambientes corporativos para utilização do dispositivo de conforto personalizado.

A questão do conforto térmico avaliado pela Dra. Brenda e com respaldo da empresa parceira, em função do foco de seu negócio, tem peso muito maior que os valores formais detectados em suas avaliações. O que não torna o produto mais ou menos belo na percepção do usuário, apenas indica um caminho que o produto deve seguir para privilegiar determinados pontos do mesmo.

Na opinião do *designer*, o dispositivo será eficiente sob o ponto de vista da funcionalidade, onde será aceito como valor estético e será viável sob o ponto de vista da produção. Uma sugestão do escritório de *design* é que o trato do valor estético passa por esse tripé (funcionalidade, valor estético e produção) e provavelmente para a estratégia comercial/marketing do produto deverá se usar a eficiência do conforto térmico que é um argumento mais forte, para vencer as barreiras de compra do produto e aceitação pelo consumidor.

Portanto, a funcionalidade do produto tem um apelo maior para aceitação pelo futuro usuário no quesito do conforto térmico e essa deverá ser a preocupação comercial do produto pelo fabricante.

Quanto à escolha da cor e tipo de material, estão relacionados aos ambientes onde o produto será instalado, isto é, nas estações de trabalho sobre o tampo das mesas, próximo dos equipamentos de informática e materiais de escritório. De acordo com Aguilar o dispositivo deverá estar harmonizado com este espaço, sem chamar para ele a atenção de seu usuário. Este produto, não deve ter a pretensão de ser o centro

da concentração visual do usuário, deve apenas compor o rol de produtos que trazem conforto ao dia-a-dia do usuário na estação de trabalho.

6.3.2 Escolha do Material

O critério para a escolha do material está relacionada com a função. A escolha de **polímeros** foi necessária devido à facilidade de produção e principalmente por não interferir na temperatura do ar, que é a variável controlada em valor pré-determinado pelo sistema de automação. Os polímeros são neutros em relação à eficiência térmica, na maioria são inertes, quanto à dissipação e absorção de calor.

6.4 A Melhor Solução de Design

Após a apresentação de alguns modelos 3D's, um desses modelos evoluiu para a aprovação conceitual, onde considerou-se todos os parâmetros para a tomada de decisão pelo inventor/cliente/*designer* para a melhor solução do *design*, originando assim o desenvolvimento dos primeiros desenhos técnicos.

As dificuldades para se chegar à melhor solução de *design* foi contemplar os pré-requisitos técnicos estabelecidos no *briefing* que levaram a se decidir por esta ou aquela situação, mas os esforços foram concentrados no *human centered design*. Porém os critérios não foram complexos, segundo o *designer*, pois os valores de funcionalidade, de usabilidade e estéticos foram apresentados e compartilhados ao cliente para a tomada de decisão final e a confecção do protótipo.

6.5 Modelo 3D e o Protótipo Funcional

O modelo 3D foi desenvolvido de tal forma que as peças fossem encaixadas. Este modelo foi desenvolvido na plataforma **SolidWorks** – *software* de CAD 3D

parâmetro, onde a alteração da medida de uma peça, altera automaticamente todo o modelo. Uma das vantagens desse software é que proporciona uma avaliação funcional prévia do sistema do produto, além de construir um **protótipo funcional** que pode ser utilizado com a tecnologia de prototipagem rápida por deposição de material do tipo SLS – Sinterização Seletiva a Laser de Poliamida e com *softwares* de simulação computacional.

6.6 O Protótipo Funcional e sua Validação

De acordo com o escritório de *design*, assim que foi desenvolvido o protótipo funcional, realizaram-se algumas avaliações técnicas construtivas, o que provocou modificações simples na sua estrutura.

Pretende-se posteriormente a validação desse produto em testes de bancada e, de acordo com a Prof^a Brenda Leite, esses testes também serão realizados com usuários em laboratório automatizado e com sistema de insuflamento de ar pelo piso instalado.

6.7 O Processo de Fabricação do Produto

O escritório de *design* acompanha o processo de fabricação do produto, onde o processo de injeção foi escolhido em função da facilidade de se construir determinadas partes do sistema mecânico do produto e pela sua integração com o ambiente que será implantado.

Segundo o profissional de *design* “o produto tem proporções e pré-requisitos que o levam a ser como é; evidentemente, a sua concepção passa pelo conceito de DFM (*Design for Manufacturing*), onde contemplamos o menor impacto possível na construção de suas peças. Porém sua montagem em linha de produção foi menos favorecida, uma vez que sua instalação deveria ser foco principal do produto. O que

contempla a sua instalação final por qualquer indivíduo, deixando sua montagem para indivíduos mais especializados dentro da fábrica.”

7 ANÁLISE DO MÉTODO MAPP-3A EM COMPARAÇÃO COM O MÉTODO APLICADO PELO ESCRITÓRIO DE *DESIGN*

O método aplicado no desenvolvimento do dispositivo de conforto personalizado pelo escritório de *design* é um método próprio que evoluiu e se aperfeiçou ao longo do tempo. Portanto será referência como método de projeto de produto para analisar e validar o Método Aberto de Projeto de Produto – Três Alternativas de Criação, **MAPP-3A**, apresentado nos capítulos anteriores.

A seguir apresenta-se o fluxo das etapas dos dois métodos para comparação e análise.

7.1 Análise e Comparação dos Dois Métodos

Observa-se primeiramente que as macro etapas do método **MAPP-3A** e sua lista de verificação tem correspondência no método do escritório de *design*, como mostra a tabela abaixo, em destaque áreas da mesma cor, conforme ilustrado na Figura 34.

Ressalta-se que o **MAPP-3A** tem 46 itens da lista de verificação, que podem ser desdobrados e/ou excluídos, por se tratar de um método aberto, enquanto que o outro método apresenta na sua composição 20 itens, considerando-se como lista de verificação. Ambos os métodos tem uma relação entre as etapas.

QUADRO DE MACRO ETAPAS E LISTA DE VERIFICAÇÃO

MAPP-3A versus Método do Escritório de Design

ITEM	MÉTODO ABERTO DE PROJETO DE PRODUTO - TRÊS ALTERNATIVAS DE CRIAÇÃO - MAPP-3A	ITEM	MÉTODO DO ESCRITÓRIO DE DESIGN
	0 - Análise do Problema de Design		Etapa 01 - Levantamento de dados
1	Analisar o briefing para desenvolvimento do produto quanto às necessidades do cliente;	1	Briefing com o Cliente;
	1- Pesquisa de Design	2	Levantamentos sobre consumidor / usuário do produto (Semiótica);
2	Conceituação do conforto térmico;	3	Levantamentos sobre o mercado do produto;
3	Conforto personalizado;	4	Levantamento de concorrentes diretos e indiretos do produto;
4	Estudo do sistema de insuflamento pelo piso – <i>UFAD System</i>	5	Levantamento de produtos similares;
5	Estudar a melhor posição do dispositivo de conforto personalizado na estação de trabalho;	6	Levantamento de processos produtivos para o produto;
6	Estudar a ergonomia e usabilidade do dispositivo na estação de trabalho;	7	Levantamento de Informações técnicas dos componentes do produto;
7	Estudo de materiais: estudar materiais que melhor atendam às especificações e necessidades levantadas;	8	Definição dos valores de percepção, de identidade e uso do produto e preço;
8	Estudo de normas relacionadas, levantar possíveis restrições;	9	Apresentação da etapa 01.
	2 - Estudos de Tecnologias		Etapa 02 - Definição de alternativa
9	Estudo da Tecnologia CAD	10	Geração de alternativas formais para os produtos;
10	Estudo de Prototipagem Rápida	11	Análise de Valores das alternativas;
	3 - Processo de Criação	12	Definição da alternativa final;
11	Conceitos de design	13	Apresentação da etapa 02.
12	Alternativas de Solução – (Três propostas de design)		Etapa 03 - Modelo 3D do produto
13	Esboços de idéias, modelos, sketch's, etc;	14	Refinamento da alternativa;
14	Interferência;	15	Aplicação dos componentes e montagem virtual do produto desenvolvido;
15	Escolha da melhor alternativa e/ou alternativa de design;	16	Detalhamento técnico dos produtos por meio software 3D;
	4 - Análise da Geometria	17	Apresentação da etapa 03.
16	Estudo da geometria;		Etapa 04 – Prototipagem
17	Incorporação das características ao novo produto;		Etapa 05 - Prototipagem e avaliação
18	Definição da geometria do modelo e/ou modelos;	18	Revisão do projeto, via avaliação do protótipo;
19	Criação e elaboração do(s) modelo(s) virtual(is): definir as variáveis de projeto e levantar os pontos cruciais para o projeto;	19	Fechamento dos arquivos digitais.
20	Possível Interferência.		Etapa 06 - Acompanhamento da produção
	5 - Matriz de Decisão	20	Acompanhamento da construção do ferramental para produção das peças.
21	Construção da matriz de decisão: matriz de modelos, neste caso se necessário;		
22	Seleção da melhor alternativa de design;		
23	Possível Interferência.		
	6 - Verificação do Modelo Virtual		
24	Preparação e execução de estudos e experimentos que validem o design;		
25	Simulação do protótipo virtual com um software de simulação indicado para pesquisas futuras ou simultâneas;		
26	Possível Interferência;		
27	Introduzir eventuais alterações;		
	7 – Protótipo		
28	Definição de máquinas e materiais: definir os equipamentos e/ou máquinas e materiais necessários para a construção do protótipo;		
29	Desenvolvimento de protótipo ou protótipos;		
30	Avaliar o protótipo;		
31	Introduzir eventuais alterações;		
32	Construir o protótipo modificado, se necessário;		
	8 - Validação do Protótipo		
33	Análise de possíveis falhas ou defeitos;		
34	Realização de testes; no caso, testar o protótipo incorporado no sistema de condicionamento de ar - <i>UFAD System</i> ;		
35	Possível Interferência;		
	9 - Solução de Design		
36	Projeto mecânico;		
37	Projeto estrutural;		
38	Configuração dos detalhes (raios, elementos de manejo, etc.);		
39	Desenhos técnicos, desenhos de representação;		
40	Patentes, legislação e normas;		
41	Documentação do projeto, relatórios;		
	10 - Produção e Consumo		
42	Projeto detalhado;		
43	Planejamento da produção em escala industrial;		
44	Planejamento da distribuição;		
45	Planejamento para o consumo;		
46	Planejamento para a retirada;		

Figura 34 – Quadro de macro etapas e lista de verificação MAPP-3A versus Método de Projeto do Escritório de Design.

Por fim, o método do escritório de *design* apresenta um fluxo linear de suas ações, sem retorno as etapas anteriores, onde cada etapa é apresentada ao cliente para a tomada de decisão e de dar continuidade no processo.

O método do escritório de *design* é composto por 6 etapas, denominado como Etapa 01, 02, 03, 04, 05 e 06, que serão comparadas em relação as macro etapas do Método Aberto de Projeto de Produto – três alternativas de criação, **MAPP-3A**, que é a proposta deste estudo.

Apresenta-se a seguir considerações acerca dos aspectos positivos e negativos dos dois métodos:

7.1.1 Aspectos Positivos

A Etapa 01 – Levantamento de dados, o método do escritório de *design* tem uma preocupação com o levantamento de informações técnico-econômicas, do mercado consumidor e de produtos existentes, enquanto que o **MAPP-3A** por se tratar de um método desenvolvido no meio acadêmico, busca através da pesquisa científica e das tecnologias envolvidas a melhor solução de projeto e atendimento do *briefing*;

Em relação ao processo de criação, o método **MAPP-3A** apresenta três alternativas de solução do *design*, onde o melhor conceito está submetido a uma avaliação técnica através da matriz de decisão, na qual não existe a possibilidade de uma escolha que não atenda aos requisitos quanto à forma, a estética e a função do produto contidas no *briefing*;

Na Etapa 03 – Modelo 3D do produto, o método do escritório de *design* por meio do software de CAD 3D realiza virtualmente a montagem do produto e analisa todas interferências dos componentes, antes de confeccionar o protótipo e o produto pela indústria;

Antes da confecção do protótipo, o método **MAPP-3A** prevê a simulação com o modelo virtual utilizando *softwares* de simulação para validação do modelo 3D do produto.

7.1.2 Aspectos Negativos

O método **MAPP-3A** não se preocupa na sua pesquisa de *design* com aspectos relacionados ao mercado consumidor e avaliações técnico-econômicas do produto que será lançado no mercado;

Na Etapa 02 – Definição de alternativas, o método do escritório de *design* apresenta alguns modelos desenvolvidos através de **uma única linha de criação**, com a intervenção do cliente, possível escolha; esse modelo é aperfeiçoado quanto à sua forma e função, onde pode existir a indução direta ou indireta do cliente quanto à solução de *design*;

A Etapa 8 – Validação do protótipo, no método **MAPP-3A** as possíveis falhas ou defeitos são analisadas, sendo que o modelo 3D virtual já teve avaliações anteriores, sendo, portanto, desnecessária a confecção de outro protótipo, o que irá aumentar o custo do projeto.

Ambos os métodos tem aspectos positivos e negativos, mas que as ações de cada método tem suas peculiaridades quanto ao processo de desenvolvimento do produto sobre vários aspectos, sejam eles quanto à forma e/ou função, mas que atingem seu objetivo comum que é atender ao *briefing* do cliente e possibilitar o sucesso do produto no mercado.

8 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

8.1 Conclusões

Atualmente, é uma constante nas empresas de *design* que desenvolvem produtos, a busca por diferenciais. Estas empresas tem sido confrontadas cada vez mais por desafios, seja no emprego de novas tecnologias, seja na agilidade do processo de desenvolvimento de novos produtos e/ou aperfeiçoamento de produtos já existentes.

Dentro de um mercado cada vez mais competitivo, isso exige novas formas e métodos de projeto com mais eficiência e qualidade. As boas práticas na construção do conhecimento técnico-científico permitem o desenvolvimento de um país e sua inserção competitiva no mercado mundial.

Em resposta à solução do problema inicial, que é a proposta de um método de projeto de produto, neste trabalho são apresentadas as conclusões tiradas dos resultados deste estudo:

- Cada método estudado influenciou na construção do método **MAPP-3A** exposto nesta pesquisa, sejam pelos aspectos positivos e enfoques, respectivamente: **Bonsiepe (1981)**, na valorização da análise e problematização (Análise e Pesquisa); **Pahl e Beitz (1996)**, no detalhamento da fase de concepção (Engenharia); **Baxter (1998)**, baseado em experiências de mercado (*Design*); **Moraes e Mont´Alvão (1998)**, detalhamento da questão ergonômica, (Ergonomia); **Munari (2002)**, método adequado para *designers* iniciantes (Processo Criativo) e **Pugh (2002)**, relação entre as etapas para desenvolvimento do produto (Engenharia),
- Os métodos que devem ser destacados nesta proposta, que realmente contribuíram para a construção do **Metodo MAPP-3A** foram **Munari (2002)** por explorar o processo de criação de um produto, buscando várias alternativas e formas de criação e **Pugh (2002)** pela construção da lista de verificação e proposta de inter-relação entre cada etapa, o que possibilitou um

insight ao pesquisador, onde atividades podem ser incluídas e/ou excluídas durante o processo de desenvolvimento do produto.

- O modelo de um método aberto de projeto de produto totalmente desenvolvido no âmbito acadêmico, foi estruturado por meio da pesquisa científica, o que torna possível a utilização de tecnologias de ponta existentes nas universidades e sua aplicabilidade na indústria, com a finalidade do desenvolvimento de produto; A estrutura aberta do método mostrou-se adequada para atender aos objetivos propostos para esse trabalho, tendo como objeto de referência, o estudo de caso de um dispositivo para conforto térmico personalizado desenvolvido num escritório de *design* em parceria com a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo;
- Pelo fato de ser um **método aberto**, permite interferências, o que possibilita acrescentar e/ou tirar ações no processo de desenvolvimento do produto, dependendo, obviamente, do objeto de estudo em questão;
- A denominação deste método como **Método Aberto de Projeto de Produto – Três Alternativas de Criação - MAPP – 3A**, se deve ao fato da sua aplicação *para* o desenvolvimento do produto consistir em três processos de criação para depois escolher uma única solução de *design*, diferente de muitos métodos existentes e aplicados no mercado. Os métodos existentes geralmente utilizam-se de uma única variante no processo de criação, e vai aperfeiçoando-a, seja quanto à forma e/ou à funcionalidade até atender às exigências do cliente. Diferentemente, o **MAPP-3A** apresenta três alternativas de criação (linhas de pesquisa de *design*) que, por meio de uma matriz de decisão, a melhor solução apresenta-se de forma tal que atenda aos pré-requisitos técnicos previstos no *briefing* do projeto;
- Na apresentação do método exposto, o “Ciclo Radial de Macro Etapas de Desenvolvimento de Produto – Método Aberto de Projeto de Produto – 3 Alternativas, **MAPP-3A**”, fica evidente a ligação direta de cada macro etapa com o problema central de *design* (marco 0);
- Pela comparação com o método utilizado pelo escritório de *design*, tendo como referência o dispositivo para conforto personalizado, observou-se que o

método **MAPP-3A** possibilita a mudança do **briefing de projeto**, mesmo que o produto tenha sido baseado exclusivamente em informações técnicas e pré-requisitos fornecidos previamente pelo inventor e/ou cliente.

- Esta flexibilidade representa um diferencial do método aqui proposto frente aos demais métodos estudados e ao do escritório de *design*, por ser um **método aberto** e ter uma preocupação em relação à **pesquisa científica** com relação ao objeto em estudo.

Sendo assim, conclui-se que, uma vez que em todo o processo do **MAPP-3A** as macros etapas estão inter-ligadas radialmente com a **análise do problema de design**, e que durante o desenvolvimento do produto poderá haver uma mudança significativa em qualquer etapa do sistema.

Ressalta-se que este estudo de caso utilizado como referência foi de suma importância na validação do método aqui proposto, quer pela sua configuração, quer pela sua aplicação prática de mercado.

Por fim, o **MAPP-3A** é um método aberto de projeto de produto que poderá sofrer várias alterações ao longo do tempo como melhoria continua na área de desenvolvimento de produto, sabendo-se que o escopo da lista de verificação é fundamental no processo de desenvolvimento de produto.

8.2 Trabalhos Futuros

O presente trabalho não se apresenta definitivo; ele pode ter uma continuidade por não estar totalmente completo quanto ao método de projeto de produto aqui exposto. Seguem algumas propostas:

- investigar a aplicação do método proposto num escritório de *design* e o acompanhamento da fabricação do produto pela indústria;
- pesquisar outros processos de criação para incrementar o método proposto;

- aplicar o método em cursos de *design* industrial a fim de avaliar a utilização dele com *designers* iniciantes;
- Comparar o método exposto com outros métodos existentes, avaliando os pontos positivos e negativos e assim aperfeiçoá-lo.

Finalmente, utilizar o método de projeto de produto, **MAPP-3A**, exposto neste trabalho, para desenvolver novos produtos no meio acadêmico como também na indústria, possibilitando a integração de profissionais de varias áreas do conhecimento, formando uma equipe multidisciplinar na área de desenvolvimento de produto.

REFERÊNCIAS

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. **ANSI/ASHRAE Standard 55**: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. Atlanta - USA: 2004.

ARENS, E.; FOUNTAIN, M.; XU, T.; MIURA, K.; ZHANG, H.; BAUMAN, F. **A Study of Occupant Cooling by Two Types of Personally Controlled Air Movement**. University of California, Berkeley, Energy and Buildings 27, USA, 1998. p. 45-59.

BASSETTO, E. L. **Metodologia para o ensino das fases iniciais do processo de projeto**. 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, UFSC, Florianópolis, 2004.

BAUMAN, F. S. **Underfloor Air Distribution (UFAD SYSTEM)** Design Guide. USA. ASHRAE. 2003.

BAUMAN, F. **Giving Occupants What They Want: Guidelines for Implementing Personal Environmental Control in Your Building**. Center for the Built Environment, University of California, Berkeley, CA 94720-1839 Presented at World Workplace 99, October 3-5, 1999, Los Angeles, CA, USA, 1999. Disponível em: <http://www.cbe.berkeley.edu/research/pdf_files/FBau_WorldWk1999.pdf> Acesso em: 22 ago. 2008.

BAUMAN, F.; BAUGHMAN, A.; CARTER, G.; ARENS, E.; **A Field Study of PEM (Personal Environmental Module) Performance in Bank of America's San Francisco Office Buildings**. Center for Environmental Design Research University of California, Berkeley, CA, USA 94720-1839, 1997. Disponível em: <<http://www.escholarship.org/uc/item/3wk8m5gq?display=all>>. Acesso em: 22 ago. 2006.

BAXTER, M. **Projeto do Produto: Guia prático para o desenvolvimento de novos produtos**. São Paulo. Edgard Blucher, 1998.

BEZERRA, M. B. P. **Mapeamento da usabilidade do produto através do diagrama de afinidades**. XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção – A

energia que move a produção: um diálogo sobre integração, projeto e sustentabilidade, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 2007.

BONSIEPE, Gui et al. **Metodologia experimental: desenho industrial**. Brasília: CNPq /Coordenação Editorial, 1984

BOMFIM, G. A. **Metodologia para o desenvolvimento de projetos**. João Pessoa: Ed. Universitária UFPB, 1995.

CHAFEE, J. **Pense diferente, viva criativamente**. Rio de Janeiro: Campus, 2000

CSILLAG, J. M. **Análise do Valor**. Editora Atlas AS 4ª Edição São Paulo 1995.- Revista Transporte Mundial. Catálogo 2007. Ano 05 Nº 09 PROL Editora e Gráfica São Paulo, 2007.

CURRAN, M. **The Status of LCA in the USA**. Int. J. LCA, vol.4 (3) 123-124. Landsberg, Germany: Ecomed, 1999.

FAULKNER, D.; FISK, W. J.; SULLIVAN, D. P.; LEE, S. M. **Ventilation Efficiencies and Thermal Comfort Results of a Desk-edge-mounted Task Ventilation System**. Indoor Environment Department, Environmental Energy Technologies Division, Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA, USA, INDOOR AIR 2004; 14 (Suppl 8): p. 92–97, Printed in Denmark. All rights reserved Copyright Blackwell Munksgaard, 2004.

FALZON. P. **Ergonomia**. São Paulo, Brasil. Ed. Blucher, 2007.

FANGER, P. O. **Thermal Comfort**. Robert E. Krieger Publishing Company, Malabar, FL. 1982.

FERREIRA, J. V. R. **Análise de Ciclo de Vida dos Produtos - Gestão Ambiental**. Instituto Politécnico de Viseu, Universidade Nova de Lisboa, 2004.

KLEIN, S. **An example of knowledge-based decision making when selecting standard components: shaft-hub connections**. Proceedings of the 3th International Conference on Design Theory and Methodology, New York, ASME, pp. 149-156, 1992.

HANS, F. L. **Individual Control by Individual VAV**. Product Information. Argon Corporation, Naples, Florida, USA, 2002, Disponível em: <<http://www.argonair.com/pdf/Individual%20VAV.pdf>> Acesso em: 25 ago. 2006.

HARRIS, L. AND ASSOCIATES. **Comfort and Productivity in the Offices of the '80s**. The steelcase National Study of Office Environments, N° II. Grand Rapids, MI: Steelcase, Inc, 1980.

HARTKOPF, V.; LOFTNESS, V. **The Development of Intelligent Systems Towards Total Building Performance**. In: The Impact of the Work Environment on Productivity, ARCC Workshop Proceedings. Architectural Research Centers Consortium, Washington, DC, 1985.

HEDGE, A. ;MICHAEL, A. ;PARMELEE, S., **Reactions of Facilities Managers and Office Workers to Underfloor Task Air Ventilation**. In: Journal of Architectural Planning and Research., 1992.

HUIZENGA, C; ABBASZADEH, S; ZAGREUS, L; ARENS, E. **Air Quality and Thermal Comfort in Office Buildings: Results of a Large Indoor Environmental Quality Survey**. Center for the Built Environment, University of California, 390 Wurster Hall #1839 Berkeley, CA 94720-1839 USA, Proceedings of Healthy Buildings, Lisbon, 2006. v. 3, p. 393-397.

IIDA. I. **Ergonomia: Projeto e Produção**. 2a edição rev. ampliada São Paulo, Brasil. Ed. Edgard Blucher, 2005.

JORDAN, P. W. **An introduction to usability**. Taylor & Francis, Philadelphia. 1998.

JORDAN, P. W. **Human factors for pleasure in product use**. Applied Ergonomics, vol. 29, n. 1, pp. 25-33. 1998.

KACZMARCZYK, J.; ZENG, Q.; MELIKOV, A.; FANGER, P.O. **"Individual control and people's preferences in an experiment with a personalized ventilation system."** Proceedings, ROOMVENT 2002, Copenhagen, Denmark, 8-11 September, 2002.

KAMINSKI, P. C. Desenvolvendo produtos com planejamento, criatividade e qualidade. Rio de Janeiro: LTC, 2000.

KONG, L.; FUH J. Y. H.; LEE, X. L.; LING, L. S. **A Windows-native 3D plastic injection mold design system.** Journal of Materials Processing Technology. p. 1-9, 2003.

LEITE, B. C. C. **Análise do Desempenho de Edifícios de Escritórios Automatizados através da Avaliação Pós-Ocupação.** (Dissertação de Mestrado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

LEITE, B. C. C. Sistema de Ar Condicionado com Insuflamento pelo Piso em Ambientes de Escritórios: Avaliação do Conforto Térmico e Condições de Operação. 2003. 152 p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

LEDFOORD, D. K. **"Indoor Allergens."** J Allergy Clin Immunol 94(2 Pt 2): 327-34., 1994.

LEVY, H. F. **"Individual Control by Individual VAV."** Proceedings, Roomvent 2002, 8-11 Setembro, Copenhagen, Denmark, 2002.

LIRA, VALDEMIR MARTINS. Desenvolvimento de Processo de Prototipagem Rápida via Modelagem por deposição de formas livres sob temperatura ambiente de materiais alternativos - EPUSP, Engenharia Mecânica de Projeto e Fabricação,, Tese de Doutorado – Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, 2008

LÖBACH, B. **Diseño industrial.** Barcelona (Espanha): G. Gilli, 2001. p.17.

MAGALHÃES, C. **Design estratégico: Integração e Ação do Design Industrial.** Estudos em Design, Rio de Janeiro, v. 3, n. 1, jul. 1995

MELIKOV, A. K. **Personalized Ventilation.** International Centre for Indoor Environment and Energy, Technical University of Denmark, Building 402, 2800, Lyngby, Denmark, INDOOR AIR 2004 Printed in Denmark. All rights reserved; 14

(Suppl 7): p. 157–167, Sept. 2002. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/journal/03787788>>. Acesso em: 14 jun. 2006.

MELIKOV, A. K. **Personalized Ventilation: Evaluation of Different Air Terminal Devices**. International Centre for Indoor Environment and Energy, Technical University of Denmark, Building 402, 2800, Lyngby, Denmark, INDOOR AIR 2004 Printed in Denmark. All rights reserved; 14 (Suppl 7): p. 157–167, Sept. 2002. Disponível em: <<http://www.mek.dtu.dk/Publikationer/Publikationer-2002.aspx?lg=showcommon&id=62459>>. Acesso em: 31 ago. 2006.

MELIKOV, A. K.; CERMAK, R.; MAJER, M. "**Personalized ventilation: Evaluation of different air terminal devices.**" Energy and Buildings, Vol. 34, pp. 829-836, 2002.

MENEZES, L. C. M. **Gestão de projetos**. São Paulo: Atlas, 2001.

MORAES, A.; MONT' ALVÃO, C. **Ergonomia: Conceitos e Aplicações**. Rio de Janeiro: 2AB, 1998.

MUNARI, B. **Das Coisas Nascem Coisas**. 1a ed. Martins Fontes, 1998. v. 1.

ORNSTEIN, S. W., ANDRADE, C. M., LEITE, B. C. C. **Offices Workplaces in São Paulo, Brazil: Some Buildings Performance Considerations**. In: Proceedings of the 30th Annual Conference of the Environmental Design Research Association – EDRA 30 / 1999. Orlando, Florida, June 2 - 6/1999, 1999.

OSTROWER, F. **Criatividade e Processos de Criação**. Petrópolis, Rio de Janeiro: Vozes, 2008.

PAHL, G.; BEITZ, W. **Engineering Design: A Systematic Approach**. Berlim. 1996.

PHILLIPS, P. L. **Briefing: A Gestão do Projeto de Design**. São Paulo: Blucher, 2008.

PIGNATARI, D. **Informação, Linguagem, Comunicação**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2002.

PUGH, S. **Creating Innovative Products Using Total Design**. Reading (EUA): Addison-Wesley Publishing Co, 2002.

PUGH, S.; MORLEY, I. E. **The Organization of Design: An Interdisciplinary Approach to the Study of People, Process, and Contexts**, from Proceeding of ICED, in Creating Innovative Product Using Total Design, Cap. 25, D. Clausing & R.S. Andrade (Orgs). Editora Addison-Wesley, 1986.

PUGH, S.; MORLEY, I. E. **The Organization of Design: Towards a Theory of Total Design**, from Design Division, University of Strathclyde, in Creating Innovative Product Using Total Design, Cap. 29, D. Clausing & R.S. Andrade (Orgs). Editora Addison-Wesley, 1988.

SANTOS, F. A. N. V. **MD3E (Método de Desdobramento em 3 Etapas): Uma Proposta de Método Aberto de Projeto para Uso no Ensino de Design Industrial**. 2005. 179 p. Universidade Federal de Santa Catarina (PPGEP-UFSC), Florianópolis, SC, 2005. Tese (Doutorado)

SOUZA, A. F.; COELHO, R. T. **Tecnologia CAD/CAM - Definições e Estado da Arte Visando Auxiliar Sua Implantação em um Ambiente Fabril**. XXIII Encontro Nac. de Eng. de Produção - Ouro Preto, MG, Brasil, 21 a 24 de out de 2003 Disponível

em:<http://brazil.plmworldgroups.org/treinamento/cadcam/TR0504_0920.pdf> -

Acesso em:20/07/2007

SCHILLER, G. et al., **A Field Study Thermal Environments and Comfort in Office Buildings**. Final Report, ASHRAE 426 – RP, January, C-04-88, University of California, Berkeley, USA, 1988.

TORRES, M. A relevância do estudo da teoria da comunicação e da semiótica na formação e no aperfeiçoamento do profissional de design. In: Revista Design em Foco,v. III n.2, jul/dez 2006. EDUNEB, 2006, p. 103-115, Salvador, BA, Brasil, 2006.

TSUZUKI, K.; ARENS, E. A.; BAUMAN, F. S.; WYON, D. P. **"Individual thermal comfort control with desk-mounted and floor-mounted task/ambient conditioning (TAC) systems."** Proceedings of Indoor Air '99, Edinburgh, Scotland, 8-13 August, University of California, Berkeley, USA, 1999.

USEPA, U.S. **Environmental Protection Agency and Science Applications International Corporation**, 2001.- Disponível em: <<http://www.epa.gov/ORD/NRMRL/lcaccess/lca101.htm>>.

ZENG, Q.; ZHAO, R. **Prediction of Perceived Air Quality for Personalized Ventilation Systems**. Department of Building Science, Tsinghua University, Beijing 100084, China. Mar. 2005. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MIimg&_imagekey=B7RKT-4FV31GX-J-3&_cdi=25731&_user=5674931&_pii=S1007021405700596&_orig=search&_coverDate=04%2F30%2F2005&_sk=999899997&view=c&wchp=dGLbVlz-zSkzS&md5=b9ea257cc05624031a04701560a94cca&ie=/sdarticle.pdf>. Acesso em: 22 ago. 20096.

WOHLERS, T. **Rapid Prototyping and Tooling State of the Industry**, 1998 Worldwide Progress Report, Wohlers Associates, Fort Collins, 1998.

BIBLIOGRAFIA

DUL, J.; WEEDRDMEESTER, B. **Ergonomia Prática**. São Paulo, Brasil: 1a ed. Ed. Edgar Blucher, 1993. v. 1.

FORTI, F. S. A. **Uma Avaliação do Ensino da Prototipagem Virtual nas Graduações de Design de Produto do Estado do Rio de Janeiro - (COPPE/UFRJ, M.Sc., Engenharia Civil)**,. Dissertação – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Brasil, 2005 Disponível em: <http://www.coc.ufrj.br/teses/mestrado/inter/2005/Teses/FORTI_FSDA_05_t_M_int.pdf > - Acesso em:20/07/2009

IVERGARD, T. **Handbook of Control Room Design and Ergonomics**. London, United Kingdon. Ed. Taylor & Francis, 1989.

International Standards Organization. ISO. **Ease of Operation of Everyday Products – Part 1: Design requirements for context of use and user characteristics (ISO 20282-1)**. First edition, 2006.

International Standards Organization. ISO. **Ease of Operation of Everyday Products – Part 2: Test method for walk-up-and-use products (ISO/TS 20282-2)**. First edition. International Standards Organization, 2006.

LESKO, J. Design Industrial – **Materiais e Processos de Fabricação**. São Paulo, 2004.

LINO, F. J.; NETO, R. J. **A Prototipagem Rápida na Indústria Nacional. DEMEGI – Departamento de Engenharia Mecânica da FEUP, INEGI – Instituto de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial/CETECOFF, Porto, Portugal, 2001**. Disponível em: <<http://paginas.fe.up.pt/~falves/Prototipagem.pdf> > - Acesso em:10/08/2009

LIRA, V. M. Desenvolvimento de Processo de Prototipagem Rápida via Modelagem por deposição de formas livres sob temperatura ambiente de materiais alternativos - (EPUSP, Engenharia Mecânica de Projeto e Fabricação),. Dissertação de Doutorado – Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, 2008

MUNDT, E. et al. **Ventilation Effectiveness. REHVA Guidebook nº 2** – Federation of European Heating and Air-conditioning Associations. Finland. 2004.

NORMAN, D. **The Design of Everyday Things**. New York, USA. Ed. Basic Books, 1988.

O Sistema CAD como Ferramenta de Projeto, Quatter Design. Disponível em: <<http://www.quatter.com.br/cadcae.htm>> - Acesso em: 10/07/07

SKISTAD, H. et al. **Displacement Ventilation: in non-industrial premises**. REHVA Guidebook nº 1, Norway. 2002.

SOUZA, A. F.; COELHO, R. T. **Tecnologia CAD/CAM - Definições e Estado da Arte Visando Auxiliar Sua Implantação em um Ambiente Fabril**. XXIII Encontro Nac. de Eng. de Produção - Ouro Preto, MG, Brasil, 21 a 24 de out de 2003
Disponível em:
<http://brazil.plmworldgroups.org/treinamento/cadcam/TR0504_0920.pdf> - Acesso em: 20/07/2009

TSENG, M. M.; JIAO, J.; SU, C. **Virtual Prototyping for Customized Product Development**. Department of Industrial Engineering & Engineering Management, The Hong Kong University of Science & Technology Clear Water Bay, Kowloon, Hong Kong, Integrated Manufacturing Systems - Vol.9, No.6, 1998. Disponível em: <http://ami.ust.hk/gmrg/alumni/iejiaojx/Papers/vpmc_ims.pdf> - Acesso em: 12/07/09

Apêndice A - Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Design

Ministério da Educação - Conselho Nacional de Educação - Câmara de Educação Superior

RESOLUÇÃO Nº 5, DE 8 DE MARÇO DE 2004 (*).

Aprova as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Design e dá outras providências.

O Presidente da Câmara de Educação Superior do Conselho Nacional de Educação, no uso de suas atribuições legais, com fundamento no Art. 9º, § 2º, alínea "c", da Lei 4.024, de 20 de dezembro de 1961, com a redação dada pela Lei 9.131, de 25 de novembro de 1995, tendo em vista as diretrizes e os princípios fixados pelos Pareceres CNE/CES 776/97, de 3/12/97 e 583/2001, de 4/4/2001, e as Diretrizes Curriculares Nacionais elaboradas pela Comissão de Especialistas de Ensino de Design, propostas ao CNE pela SESU/MEC, considerando o que consta dos Pareceres CNE/CES 67/2003 de 11/3/2003, e 195/2003, de 5/8/2003, homologados pelo Senhor Ministro de Estado da Educação, respectivamente, em 2 de junho de 2003 e 12 de fevereiro de 2004, resolve:

Art. 1º O curso de graduação em Design observará as Diretrizes Curriculares Nacionais aprovadas nos termos desta Resolução.

Art. 2º A organização do curso de que trata esta Resolução se expressa através do seu projeto pedagógico abrangendo o perfil do formando, as competências e habilidades, os componentes curriculares, o estágio curricular supervisionado, as atividades complementares, o sistema de avaliação, a monografia, o projeto de iniciação científica ou o projeto de atividade, como trabalho de conclusão de curso TCC, componente opcional da Instituição, além do regime acadêmico de oferta e de outros aspectos que tornem consistente o referido projeto pedagógico.

§ 1º O Projeto Pedagógico do curso, além da clara concepção do curso de graduação em Design, com suas peculiaridades, seu currículo pleno e sua operacionalização, abrangerá, sem prejuízo de outros, os seguintes elementos estruturais:

I - objetivos gerais do curso, contextualizados em relação às suas inserções institucionais, política, geográfica e social;

II - condições objetivas de oferta e a vocação do curso;

III cargas horárias das atividades didáticas e da integralização do curso;

IV - formas de realização da interdisciplinaridade;

V - modos de integração entre teoria e prática;

VI - formas de avaliação do ensino e da aprendizagem;

VII - modos da integração entre graduação e pós-graduação, quando houver;

VIII - cursos de pós-graduação lato sensu, nas modalidades especialização integrada e/ou subsequente à graduação, de acordo com o surgimento das diferentes manifestações teóricas-práticas e tecnológicas aplicadas à área da graduação, e de aperfeiçoamento, de acordo com as efetivas demandas do desempenho profissional;

IX - incentivo à pesquisa, como necessário prolongamento da atividade de ensino e como instrumento para a iniciação científica;

X - concepção e composição das atividades de estágio curricular supervisionado, suas diferentes formas e condições de realização, observado o respectivo regulamento;

XI - concepção e composição das atividades complementares;

XII - inclusão opcional de trabalho de conclusão de curso sob as modalidades monografia projetada de iniciação científica ou projetos de atividades centrados em área teórico-prática ou de formação profissional, na forma como estabelecer o regulamento próprio.

§ 2º Os Projetos Pedagógicos do curso de graduação em Design poderão admitir modalidades e linhas de formação específica, para melhor atender às necessidades do perfil profissional que o mercado ou a região assim exigirem.

Art. 3º O curso de graduação em Design deve ensejar, como perfil desejado do formando, capacitação para a apropriação do pensamento reflexivo e da sensibilidade artística, para que o designer seja apto a produzir projetos que envolvam sistemas de informações visuais, artísticas, estéticas culturais e tecnológicas, observados o ajustamento histórico, os traços culturais e de desenvolvimento das comunidades bem como as características dos usuários e de seu contexto sócio-econômico e cultural.

Art. 4º O curso de graduação em Design deve possibilitar a formação profissional que revele competências e habilidades para:

I - capacidade criativa para propor soluções inovadoras, utilizando domínio de técnicas e de processo de criação;

II - capacidade para o domínio de linguagem própria expressando conceitos e soluções, em seus projetos, de acordo com as diversas técnicas de expressão e reprodução visual;

III - capacidade de interagir com especialistas de outras áreas de modo a utilizar conhecimentos diversos e atuar em equipes interdisciplinares na elaboração e execução de pesquisas e projetos;

IV - visão sistêmica de projeto, manifestando capacidade de conceituá-lo a partir da combinação adequada de diversos componentes materiais e imateriais, processos de fabricação, aspectos econômicos;

V domínio das diferentes etapas do desenvolvimento de um projeto, a saber: definição de objetivos, técnicas de coleta e de tratamento de dados, geração e avaliação de alternativas, configuração de solução e comunicação de resultados;

VI - conhecimento do setor produtivo de sua especialização, revelando sólida visão setorial, relacionado ao mercado, materiais, processos produtivos e tecnologias abrangendo mobiliário, confecção, calçados, jóias, cerâmicas, embalagens, artefatos de qualquer natureza, traços culturais da sociedade, softwares e outras manifestações regionais;

VII - domínio de gerência de produção, incluindo qualidade, produtividade, arranjo físico de fábrica, estoques, custos e investimentos, além da administração de recursos humanos para a produção;

VIII - visão histórica e prospectiva, centrada nos aspectos socioeconômicos e culturais, revelando consciência das implicações econômicas, sociais, antropológicas, ambientais, estéticas e éticas de sua atividade.

Art. 5º O curso de graduação em Design deverá contemplar, em seus projetos pedagógicos e em sua organização curricular conteúdos e atividades que atendam aos seguintes eixos interligados de formação:

I - conteúdos básicos: estudo da história e das teorias do Design em seus contextos sociológicos, antropológicos, psicológicos e artísticos, abrangendo métodos e técnicas de projetos, meios de representação, comunicação e informação, estudos das relações usuário/objeto/meio ambiente, estudo de materiais, processos, gestão e outras relações com a produção e o mercado;

II - conteúdos específicos: estudos que envolvam produções artísticas, produção industrial, comunicação visual, interface, modas, vestuários, interiores, paisagismos, design e outras produções artísticas que revelem adequada utilização de espaços e correspondam a níveis de satisfação pessoal;

III - conteúdos teórico-práticos: domínios que integram a abordagem teórica e a prática profissional, além de peculiares desempenhos no estágio curricular supervisionado, inclusive com a execução de atividades complementares específicas, compatíveis com o perfil desejado do formando.

Art. 6º A organização curricular do curso de graduação em Design estabelecerá expressamente as condições para a sua efetiva conclusão e integralização curricular, de acordo com os seguintes regimes acadêmicos que as instituições de ensino superior adotar: regime seriado anual; regime seriado semestral; sistema de créditos com matrícula por disciplina ou por módulos acadêmicos, com a adoção e pré-requisito, atendido o disposto nesta Resolução.

Art. 7º O Estágio Supervisionado é um componente curricular direcionado à consolidação dos desempenhos profissionais desejados, inerentes ao perfil do formando, devendo cada

Instituição, por seus colegiados superiores acadêmicos, aprovar o correspondente regulamento de estágio, com suas diferentes modalidades de operacionalização.

§ 1º O estágio de que trata este artigo poderá ser realizado na própria Instituição de Ensino Superior, mediante laboratórios que congreguem as diversas ordens correspondentes às diferentes técnicas de produções artísticas, industriais e de comunicação visual, ou outras produções artísticas que revelem adequada utilização de espaços e correspondam a níveis de satisfação pessoal.

§ 2º As atividades de estágio poderão ser reprogramadas e reorientadas de acordo com os resultados teórico-práticos gradualmente revelados pelo aluno, até que os responsáveis pelo acompanhamento, supervisão e avaliação do estágio curricular possam considerá-lo concluído, resguardando, como padrão de qualidade, os domínios indispensáveis ao exercício da profissão.

§ 3º Optando a Instituição por incluir, no currículo do curso de graduação em Design, o estágio supervisionado de que trata este artigo, deverá emitir regulamentação própria, aprovada pelo seu Conselho Superior Acadêmico, contendo, obrigatoriamente, critérios, procedimentos e mecanismos de avaliação, observada o disposto no parágrafo precedente.

Art. 8º As Atividades Complementares são componentes curriculares que possibilitam o reconhecimento, por avaliação, de habilidades, conhecimentos e competências do aluno, inclusive adquiridas fora do ambiente escolar, incluindo a prática de estudos e atividades independentes, opcionais, de interdisciplinaridade, especialmente nas relações com o mundo do trabalho e com as diferentes manifestações e expressões culturais e artísticas, com as inovações tecnológicas, incluindo ações de extensão junto à comunidade.

Parágrafo único. As Atividades Complementares se constituem componentes curriculares enriquecedores e implementadores do próprio perfil do formando, sem que se confundam com estágio curricular supervisionado.

Art. 9º O Trabalho de Conclusão de Curso - TCC é um componente curricular opcional da Instituição de Ensino Superior que, se o adotar, poderá ser desenvolvido nas modalidades de monografia, projeto de iniciação científica ou projetos de atividades centradas em áreas teóricas-práticas e de formação profissional relacionadas com o curso, na forma disposta em regulamentação específica.

Parágrafo único. Optando a Instituição por incluir, no currículo do curso de graduação em Design, Trabalho de Conclusão de Curso - TCC, nas modalidades referidas no caput deste artigo, deverá emitir regulamentação própria, aprovada pelo seu Conselho Superior Acadêmico, contendo, obrigatoriamente, critérios, procedimentos e mecanismos de avaliação, além das diretrizes técnicas relacionadas com a sua elaboração.

Art. 10. As instituições de ensino superior deverão adotar formas específicas e alternativas de avaliação, internas e externas, sistemáticas, envolvendo todos quantos se contenham no processo do curso, observados em aspectos considerados fundamentais para a identificação do perfil do formando.

Parágrafo único. Os planos de ensino, a serem fornecidos aos alunos antes do início do período letivo, deverão conter, além dos conteúdos e das atividades, a metodologia do processo ensino-aprendizagem, os critérios de avaliação a que serão submetidos e bibliografia básica.

Art. 11. A duração do curso de graduação em Design será estabelecida em Resolução específica da Câmara de Educação Superior.

Art. 12. Os cursos de graduação em Design para formação de docentes, licenciatura plena, deverão observar as normas específicas relacionadas com essa modalidade de oferta.

Art. 13. Esta Resolução entrará em vigor na data de sua publicação, revogadas as disposições em contrário.

ÉFREM DE AGUIAR MARANHÃO

(*) Republicada por ter saído com incorreção, do original no DOU, de 15 de março de 2004. (Publicado no D.O. U, Nº 63, Seção 1, 01 de abril de 2004)

Apêndice B - Termo de Sigilo e Confidencialidade

Termo de Sigilo e Confidencialidade

Mariana Tiemi Ariga, brasileira, portador do RG 44.090.907-7 e CPF 310.887.028-99, designer, pelo presente **TERMO DE SIGILO E CONFIDENCIALIDADE**, relativo à pesquisa intitulada “*Metodologia de Projeto para o Desenvolvimento de um Produto para Conforto Personalizado em Ambientes Climatizados com Distribuição de Ar pelo Piso*” do Mestrando **Willyams Bezerra de Mello**, portador do RG nº 36.341.654-7 SSP-SP, CPF nº 113.596.348-78 e N° USP 5256102, aluno de pós-graduação da EPUSP - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Civil, atendendo ao que dispõe a Lei nº 9.279/96 – Lei da Propriedade Industrial a Lei nº 10.973/04 - Lei da Inovação e o Decreto nº 5.563/05 e as seguintes considerações:

Considerando que confidencialidade é imprescindível para a tramitação dos pedidos de proteção junto ao Instituto Nacional da Propriedade Industrial, além de ser um meio capaz de impedir que terceiros se apoderem de forma ilegítima da intelectualidade gerada nesta instituição e por isso é uma preocupação da comunidade universitária.

A Sra. **Mariana Tiemi Ariga**, concorda e se compromete:

- a) A desenvolver os desenhos e modelos do dispositivo de conforto personalizado em total sigilo, propostos na pesquisa especificada acima.
- b) A manter sigilo, escrito e verbal, de todos os dados, informações técnicas, científicas e sobre todos os materiais obtidos, com sua participação para o desenvolvimento do produto proposto na pesquisa citada acima.
- c) Que todos os documentos, contendo os dados e informações relativos à pesquisa são de propriedade do Departamento de Construção Civil da Universidade de São Paulo, representado pelo pesquisador acima mencionado.
- d) Que o não cumprimento deste termo de sigilo acarretará todos os efeitos de ordem penal, civil e administrativa contra seus transgressores, assumindo as respectivas responsabilidades.

E, por estar assim de acordo, assino o presente termo, juntamente com o pesquisador abaixo identificado.

São Paulo____,de_____ de 2010.

Mariana Tiemi Ariga
RG 44.090.907-7

Aluno de Mestrado da EPUSP

Nome: Willyams Bezerra de Mello

Assinatura:

Apêndice C - Entrevista com Profº Aguilar - Escritório de Design

Desenvolvimento do Dispositivo de Conforto Personalizado”

São Paulo, 02 de Fevereiro de 2011.

1. Qual o *briefing* para desenvolvimento do produto? Como foi elaborado?

Existiu um pré-briefing elaborado pela Dra. Brenda Leite, onde ela já havia estabelecido boa parte dos elementos funcionais do produto. Entretanto, foi necessária a compilação destas informações numa matriz de decisão, mesmo sabendo que iríamos desenvolver um produto baseado exclusivamente nas informações técnicas fornecidas pelos experimentos da Dra. Brenda. Esta compilação visava equacionar os pré-requisitos técnicos da Dra. Brenda na Matriz metodológica utilizada pela Megabox Design.

2. Qual o método e/ou métodos de projeto de produto adotado(s)?

Temos como base diversas referências teóricas de metodologia, Entretanto, nosso método de trabalho foi sendo construído ao longo de vários projetos (em 10 anos já o aplicamos em aproximadamente em 300 projetos, sendo que destes 300, aproximadamente 100 se transformaram em produtos comerciais), e se estabelecendo como metodologia aplicada ao desenvolvimento dos produtos aos quais fomos contratados.

Consiste basicamente no cumprimento de etapas de desenvolvimento. São elas:

Etapa 01 _Levantamento de dados

Etapa 02_Definição de alternativa

Etapa 03_Modelo 3D do produto

Etapa 04_Prototipagem

Etapa 05_Prototipagem e avaliação

Etapa 06_Acompanhamento da produção

3. - Qual o problema central para a solução do design, ou seja, que linha(s) foi(ram) utilizada(s) no processo de criação?

No caso deste produto, o espaço corporativo foi central para o desenvolvimento. Basicamente tivemos duas linhas de referências as questões do projeto:

01 - Forma e Função (avaliação a partir de nossas pesquisas)

- conforto térmico individual
- capacidade de controle individual
- eficiência térmica
- boa ergonomia e usabilidade
- nicho de conforto
- economia de energia
- otimização de espaço de trabalho
- integração forma com o espaço

02 - Técnicos do Produto (avaliações a partir das pesquisas da Dra. Brenda – pré-requisitos)

- Controlador de Vazão (obturador)
- Controlador de Fluxo (difusor)
- Direcionador de Fluxo

4. Houve maior preocupação com a forma ou com a funcionalidade?

Funcionalidade teve maior peso que a forma, pois a forma é o resultado da necessidade funcional deste produto. Mas é importante ressaltar que os limites que tínhamos para liberdade formal no projeto eram realmente restritos.

5. Qual grau de preocupação com a ergonomia, manuseio do objeto em questão?

Tínhamos muitos limites impostos pelas pesquisas da Dra. Brenda, entretanto nossa preocupação é sempre máxima sob o ponto de vista do uso. Sempre olharemos ergonomia do produto como um elemento dado ao projeto. Não há produto sem a preocupação com o uso. Mas vale ressaltar que o uso apropriado do produto, não está sempre relacionado com a boa prática da ergonomia, pois existem muitos produtos “ergonomicamente corretos” sob o ponto de vista da literatura, que simplesmente são abandonados, ou subutilizados por seus usuários, simplesmente

pelo fato do idealizador / cliente não conseguir entender a real intenção ou real maneira de uso que o consumidor/usuário se relaciona com o produto. No caso deste projeto, temos certo receio quanto a isso. São tantas as restrições quanto a sua funcionalidade que o usuário final pode não se adaptar ao seu uso, em toda sua potencialidade. Acredito que a simplicidade no uso deve sempre sobrepor a complexidade técnica-ergonômica imposta pelas pesquisas. Nossa experiência mostra que quanto mais simples maior o grau de satisfação do usuário.

6. Houve preocupação com a aceitação da estética do modelo pelo público alvo? Qual ferramenta utilizada para recolher esses dados?

Como respondi, essa preocupação foi constante e ainda é causa de algumas discussões no projeto. A ferramenta metodológica é o Painel de Valores, uma grande compilação de imagens que responde a construção de um cenário de uso dos diversos atores do projeto (Usuário / Comprador / Produtor / Inventor). Com foco no mercado corporativo precisávamos entender todos esses aspectos, pois alguém idealizou o produto, alguém irá produzi-lo, alguém irá compra-lo e outro alguém irá utiliza-lo e todos irão se relacionar de alguma forma com o produto e temos que satisfazer todos esses atores. Algumas vezes, o peso de certas decisões pode favorecer um ator em detrimento dos outros. O que é certeza para um dos atores, não é verdade para outro. No caso específico deste produto, a questão do conforto térmico avaliado pela Dra, Brenda e com respaldo da empresa parceira, em função do foco de seu negócio, tem peso muito maior que os valores formais detectados em nossas avaliações. O que não torna o produto mais ou menos belo na percepção do usuário, apenas indica um caminho que o produto deve seguir para privilegiar determinados pontos do produto. Ele será eficiente sob o ponto de vista da funcionalidade, será aceito como valor estético e será viável sob o ponto de vista da produção. O trato do valor estético passa por esse tripé e provavelmente a estratégia comercial / marketing do produto deverá usar esse argumento mais forte, que é eficiência do conforto térmico para vencer as barreiras de compra do produto.

7. Qual motivo de escolha, pela cor? Tipo de material? Textura?

Os motivos estão relacionados aos ambientes onde o produto será utilizado. Muitas vezes, senão todas, este produto estará localizado em nichos de trabalhos, ao lado de monitores, notebooks, sobre o tampo das mesas de trabalho e o produto deverá estar harmonizado com este espaço, sem chamar para ele a atenção de seu usuário. Este produto, não deve ter a pretensão de ser o centro da concentração visual do usuário, deve apenas compor o rol de produtos que trazem conforto ao dia-a-dia de trabalho, a busca da descrição é o mote do produto, ao menos é isso o que conseguimos entender no levantamento de informações sobre o usuário.

8. Qual o critério para escolha do material e Por quê?

Quanto ao material, existe o componente: função. Seria necessária certa facilidade de produção e principalmente a questão da neutralidade em relação à eficiência térmica, por isso o uso de polímeros. Em sua maioria inerte, quanto à dissipação e absorção de temperatura.

9. Quais foram às etapas para desenvolvimento do produto? E as atividades desenvolvidas, passo a passo, para prosseguir para as etapas seguintes?

Etapas 01: Levantamento de dados

Briefing com o Cliente;

Levantamentos sobre consumidor / usuário do produto (Semiótica);

Levantamentos sobre o mercado do produto;

Levantamento de concorrentes diretos e indiretos do produto;

Levantamento de produtos similares;

Levantamento de processos produtivos para o produto;

Levantamento de Informações técnicas dos componentes do produto;

Definição dos valores de percepção, de identidade e uso do produto e preço;

Apresentação da etapa 01;

Etapa 02: Definição de alternativa

Geração de alternativas formais para os produtos;

Análise de Valores das alternativas;

Definição da alternativa final;

Apresentação da etapa 02;

Etapa 03: Modelo 3D do produto

Refinamento da alternativa;

Aplicação dos componentes e montagem virtual do produto desenvolvido;

Detalhamento técnico dos produtos por meio software 3D;

Apresentação da etapa 03;

Etapa 04: Prototipagem

Etapa 05: Finalização do projeto (estágio atual)

Revisão do projeto, via avaliação do protótipo;

Fechamento dos arquivos digitais;

Etapa 06: Acompanhamento da produção

Acompanhamento da construção do ferramental para produção das peças;

10. Qual ponto de partida para o desenvolvimento dos primeiros desenhos?

Aprovação de uma Alternativa Conceitual.

11. Houve uma preocupação com o processo de fabricação quanto ao maquinário, processo de injeção, transporte, logística e manuseio?

Como já citado anteriormente, o processo de injeção foi escolhido em função da facilidade de construirmos determinadas partes do sistema do produto e pela integração do produto com o ambiente onde será implantado. O produto tem proporções, e pré-requisitos que o levam a ser como é, evidentemente a sua concepção passa pelo conceito de DFM (design for manufacturing), onde contemplamos o menor impacto possível na construção de suas peças. Porém sua montagem em linha de produção foi menos favorecida, uma vez que sua instalação deveria ser foco principal do produto. O que contempla a sua instalação final por qualquer indivíduo, deixando sua montagem para indivíduos mais especializados dentro da fábrica.

12. Quais as dificuldades para chegar à melhor solução de design? Qual critério utilizado nesta seleção?

Como já dito antes, os atores deste projeto, receberam seus pesos de importância. A maior dificuldade é contemplar quem receberá mais ou menos importância, por mais que concentremos os esforços no human centered design, existem os pré-requisitos técnicos que nos levam a decidir por esta ou aquela situação. Os critérios não são complexos, pois os valores de funcionalidades, de usabilidade e estéticos foram apresentados e a decisão final é compartilhada, o cliente tem todas as informações. O que podemos fazer é simplesmente viabilizar a decisão tomada.

13. O modelo 3D desenvolvido foi elaborado em que plataforma de CAD? O arquivo 3D é compatível com softwares de simulação e/ou prototipagem rápida?

Sim, o projeto foi todo desenvolvido na plataforma SolidWorks. Que proporciona uma avaliação funcional prévia do sistema do produto, além de permitir a

construção de um protótipo funcional via prototipagem rápida por deposição de material do tipo SLS, Sinterização Seletiva a Laser de Poliamida.

14. De posse do protótipo, foi feita algum teste com o usuário e/ou alguma simulação computacional, a fim de validar a ergonomia, usabilidade e operação?

Ainda não, o protótipo acabou de ser feito e o que fizemos até agora foram avaliações técnicas construtivas, que já provocaram algumas modificações simples na estrutura do produto. A validação será feita a partir de agora, onde o produto será colocado em testes de bancada.

Willyams Bezerra de Mello

Área de Concentração:
Engenharia de Construção Civil e Urbana
Orientadora:
Prof^a. Dr^a. Brenda Chaves Coelho Leite