



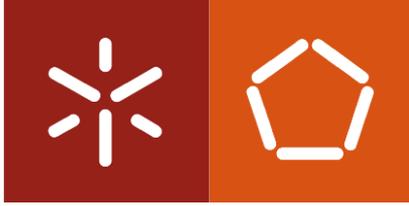
Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Tatiana Laschuk

**Aplicação de Têxteis Inteligentes a
Produtos de Design de Moda**

Novembro de 2008



Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Tatiana Laschuk

Aplicação de Têxteis Inteligentes a Produtos de Design de Moda

Dissertação de Mestrado em Engenharia Têxtil
Área de Especialização Design e Marketing Têxtil

Trabalho efectuado sob a orientação do

Professor Doutor António Pedro Garcia Valadares Souto

Novembro de 2008

AGRADECIMENTOS

Ter passado estes dois anos em Portugal, foi além de um crescimento profissional espectacular, a oportunidade de conviver com pessoas que se mostraram únicas, que foram essenciais no decorrer deste período tanto no convívio social quanto profissional, e acabaram por se tornar minha “família” fora de casa. Ao mesmo tempo que as relações interpessoais em Portugal foram importantes, a família e amigos que ficaram no Brasil foram importantes, pois, mesmo com um oceano de distância fizeram amenizar e superar a palavra que mais bem conheço, a saudade.

Gostaria de agradecer imenso ao meu orientador e professor Dr. António Pedro Souto, pela orientação que me proporcionou; por ter me colocado muitos desafios à frente como a publicação de artigos e apresentação dos mesmos, participação de concursos, e principalmente aos desafios da área da engenharia perante uma profissional da área do design.

Expresso minha gratidão, pelas pessoas que foram únicas nesta fase em que passei dois anos distante da terra natal: Aos pais Sandra e Nilo, que sempre fizeram mais por mim do que para si próprios, e sempre demonstraram amor incondicional. Ao meu irmão, Alisson, pelo amor de irmãos siameses que nos une, e que não houve distância que o fizesse diminuir; à minha cunhada e amiga, Daniela, pela assistência académica, pela visita e amizade; à minha amiga Cris Eloisa, que mesmo à distância, a amizade se fez presente; à minha querida amiga e colega de apartamento, Júlia, pela amizade de irmãs que nos uniu esses dois anos; aos meus amigos e colegas: Heri, pela paciência e estímulo que me fez crescer e iniciar minhas publicações; Fernando, pela amizade e ajudas no laboratório que garantiram que o mesmo não incendiasse; aos amigos: Manu, Amandinha, Filipe, Jurandir, Anne, Marina, Tirolês, Célia, Júlio, Karina e Emanuel, que foram minha família portuguesa e fizeram amenizar a saudade e tornar minha vida aqui mais divertida; Agradeço também às pessoas que doaram seu tempo no laboratório de física têxtil e processamento têxtil, Joaquim Jorge e Soutinho e à Daiane Heinrich pelas ajudas na modelação.

Gostaria de agradecer especialmente ao programa Alban, por me ter proporcionado dois anos de estudos na União Européia, ao qual serei eternamente grata pelo incentivo aos estudos que proporcionaram estes dois anos.



Essa Dissertação e respectivo Mestrado decorreram no âmbito do **Programa Alβan** Programa de bolsas de alto nível da Comunidade Européia para a América Latina, bolsa n^o E06M103164BR.

RESUMO

A aplicação de têxteis inteligentes ao vestuário ainda é escassa no mercado da moda; porém o que este mercado está a perceber, é que estes tecidos com capacidades inteligentes podem oferecer muitos benefícios ao consumidor, pois possuem a capacidade de acrescentar valor intrínseco ao vestuário através de funcionalidades que não são encontradas nos tecidos convencionais disponíveis no mercado. A utilização dos têxteis inteligentes em produtos de moda nada mais é do que o reflexo do estilo de vida do ser humano, com acesso a produtos multifuncionais, tecnológicos e versáteis.

Este trabalho procurou aplicar um têxtil inteligente a um produto de moda. Através do estudo dos materiais inteligentes existentes no mercado e as suas aplicações aos produtos de moda, foi possível a verificação da oportunidade de aplicação dos *shape memory alloys* ao vestuário de moda íntima em específico o *soutien*. Esta aplicação seguiu a metodologia de desenvolvimento de novos produtos, em que através do processo de design foi possível a criação de um novo produto mais consistente e fundamentado, da forma mais coerente e criativa possível.

Ao primeiro passo do desenvolvimento do produto, procurou-se estabelecer os critérios de conceitualização, em que se buscou criar um produto que procure satisfazer as necessidades psicológicas e fisiológicas do consumidor, unindo o conceito de funcionalidade e estética num mesmo produto, direccionado ao consumidor actual vanguarda, sedento por novidades e produtos de valor estético acrescentado. Dentro do processo de design, na fase de preparação, foi possível identificar problemas existentes nos produtos de moda íntima através de pesquisa de utilizador e testes em laboratório. Após verificação de problemas existentes, partiu-se para a fase de elaboração do novo produto, através de desenhos e testes com o material e posterior prototipagem. O resultado obtido é um *soutien* com copa com memória de forma, que reage a temperatura do corpo e possui boas propriedades de permeabilidade ao vapor da água para o meio ambiente externo, e que ao mesmo tempo possui características de moda.

ABSTRACT

The application of smart textiles to fashion products is still recent. However, this market is realizing that these fabrics with smart capacities can offer a lot of benefits to the consumer, since the smart fabrics can add intrinsic value to clothing through functionalities that are not found on conventional fabrics available in the market. The utilization of smart textiles on fashion design products is in fact a reflection of the lifestyle of human being, which has access to multifunctional, versatile, and technologic products.

This work sought to apply a smart textile to a fashion product design. Through the study of smart materials available on the market, and its application to fashion products, it was possible to find the opportunity of application of shape memory alloys to intimate fashion apparel, in particular the bra. This application followed the methodology of development of new products, which, through design process was possible to create a new product more consistent and reasoned, by the most creative and consistent way as possible.

On a first step of the product development, it was established the criteria for the conceptualization, for a product that thinks on psychological and physiological needs of the *avant gard* consumer, and add the functional and aesthetics values in a single product, targeted to the forefront consumer, desirous for news and aesthetic and functional valued-added products. In the design process, on the preparation step, it was possible to identify problems in the intimate fashion apparel products available on the market, through the user and laboratory testing. After the verification of existing problems, and the incubation step, the process continued to the elaboration step, through sketches, material testing, and subsequential prototyping. The result is a bra that has applied a cup with shape memory and breathable features, with fashion added value.

GLOSSÁRIO DE DESIGN DE MODA

A

Alta-costura – O termo foi pela primeira vez utilizado em referência ao trabalho de Charles Worth, em 1958. O termo refere-se à criação em escala artesanal de modelos exclusivos, por altos preços, para clientes abastados.

Antropométricos – Relativo às proporções e medidas do corpo humano e partes agregadas.

B

Barbatana – Lâmina ou vareta flexível de barbas de baleia, metal, madeira, osso ou plástico, que serve para armação de colarinhos, cintas, coletes, *corsets*, etc.

Bra – Designação inglesa para *soutien*.

Briefing – Conjunto de informações fundamentais para a elaboração e posterior desenvolvimento de um trabalho.

C

Colecção – Conjunto de produtos com harmonia do ponto de vista estético ou comercial, cuja fabricação e entrega são previstas para determinadas épocas do ano.

Copa – Parte do peito do *soutien* também conhecida como “bolsas”.

Copa moldada – Copas isentas de costura. O tecido é moldado sob pressão e calor.

Croqui – Desenho que tem como objectivo discutir ou expressar de forma gráfica uma ideia.

D

Design – Actividade projectual que consiste em determinar as propriedades formais dos objectos produzidos industrialmente. Tais propriedades podem ser estéticas, funcionais e estruturais que fazem com que um produto tenha uma unidade coerente do ponto de vista, tanto do produto, como do consumidor.

Designer de moda – Profissional preocupado com as questões objectivas do produto, como funcionalidade e estrutura, bem como questões subjectivas, relacionadas às tendências de consumo actual, estilos e gostos.

E

Espartilho ou *corset* – Colete com lâminas de aço ou barbas de baleia, usado por mulheres para comprimir a cintura e dar elegância ao corpo.

F

Fetichismo – É o desvio do interesse sexual para algumas partes do corpo do parceiro ou para peças de vestuário, adorno, etc.

H

Hightech – Termo utilizado para as tecnologias de vanguarda. A mais avançada tecnologia disponível actualmente.

L

Lycra – A Lycra é marca registada da INVISTA que identifica uma fibra sintética de grande elasticidade conhecida tecnicamente como Elastano ou Spandex.

M

Malha – São “tecidos” produzidos com base em métodos de formação de laçadas.

Malha de Jersey – Malha que possui como módulo de repetição de ponto a mais pequena unidade repetitiva de malha.

Modelação – Técnica de desenvolvimento de moldes para a reprodução.

Moda – Tendência de consumo da actualidade que se traduz de diversas formas no vestuário, através da cor, forma, textura, modelação. A moda acompanha o espírito do tempo, e pode se manifestar em diferentes estilos, podendo ser influenciada por diferentes vertentes.

P

Perspex – Termo comercial para Poly (methyl methacrylate) (PMMA), plástico termoplástico e transparente.

Prototipagem – Processo de desenvolvimento do protótipo. O protótipo é uma versão inicial do produto final e podem ser desenvolvidos utilizando tecnologias que nada se assemelham com o processo final de fabrico.

Push up bra – *soutien* que aumenta opticamente os seios através de copas reforçadas e com enchimento, bem como com corte especial.

R

Renda – Obra feita em malha que apresenta desenhos, que serve para guarnecer peças de vestuário, roupas de cama, etc.

S

Seamless – A tecnologia seamless consiste na produção de peças num único e contínuo processo de tricotagem que permite a eliminação das costuras laterais.

Soutien – Tipo de roupa íntima que serve para a protecção e sustentação das mamas.

“Space Age” – Termo utilizado como referência à era espacial da década de sessenta.

Substrato têxtil ou tecido – Combinado de fios naturais ou sintéticos preparado em tear a partir de teia e trama.

GLOSSÁRIO DE TERMOS TÉCNICOS

A

Actuador – Dispositivo mecânico para movimentação ou controle de um mecanismo ou sistema.

Atmosfera inerte – Atmosfera que não é facilmente modificada por acção química.

B

Bacteriostático – Evita a proliferação de bactérias.

C

Cosmetológico – Possui substâncias com propriedades que melhoram a aparência corporal.

E

Electrospinning – Processo capaz de produzir fibras contínuas com diâmetro em escala nano.

F

Fibra óptica – É um filamento de vidro ou de materiais poliméricos com capacidade de transmitir luz, através de um feixe de luz que é lançado por uma extremidade da fibra até a outra extremidade.

Fotônico – Comunicação de dados efectuada que se utiliza da tecnologia de emissão, transmissão, controle e detecção da luz seja através de fibras ópticas, seja por meios optoelectrónicos.

Foto-sensível – Materiais sensíveis à luz.

M

Magnetostrictivo – propriedade dos materiais ferro-magnéticos que induz a sua mudança de forma quando sujeitos a um campo magnético específico.

Micromachined electromechanical systems (MEMS) – Artificio micromecânico que tipicamente gera movimento através de aumento da propagação térmica.

R

Redes Neurais – Sistemas não-lineares que imitam o mecanismo de processamento do cérebro humano.

P

Piezoelectric – Habilidade de alguns materiais para gerar potencial eléctrico.

Polímeros Conductores – Materiais plásticos, que conduzem electricidade.

S

Self-cleaning – Propriedade auto-limpante.

T

Termo-sensível – Materiais sensíveis à temperatura.

W

Wearable electronics – Vestuário que possui integrado equipamento electrónico que são controlados por um teclado que está acoplado ao vestuário.

GLOSSÁRIO DE SIGLAS

A' – Austenite Final

A^s – Austenite Start

AFM – Atomic Force Microscope

CuAlNi – Cobre, alumínio, níquel

CuZnAl – Cobre, zinco, alumínio

DSC - Differential Scanning Calometry

M' – Martensite Final

M^s – Martensite Start

MPT – Martensitic Phase Transformation

MHI – Mitsubishi Heavy Industries

Nm – Nanometric

NiTi – Nickel-Titanium

NOL – Naval Ordnance Laboratory

PCM – Phase Change Material

SMM – Shape Memory Material

SMA – Shape Memory Alloy

SMP – Shape Memory Polymer

SME – Shape Memory Effect

SMPU – Shape Memory Polyurethane

TWSME – Two-Way Shape Memory Effect

PPTA – Polyparaphenylene Terephthalamide

PE – Polyethylene

ÍNDICE

Agradecimentos.....	III
Resumo.....	V
Abstract.....	VII
Glossário de design de moda	IX
Glossário de termos técnicos	XIII
Glossário de siglas.....	XV
1. Introdução.....	3
1.1. Enquadramento da problemática do estudo	3
1.2. Objectivos do trabalho	4
1.3. Metodologia	5
2. Inovações tecnológicas e a revolução na indústria têxtil e do vestuário.....	9
2.1. A influência dos designers de moda na criação de novos tecidos tecnológicos	10
2.2. Têxteis inteligentes	14
2.3. A moda tecnológica e o reflexo dos novos tempos.....	19
2.4. Aplicação dos têxteis inteligentes a produtos de moda	22
3. <i>Shape memory materials</i> , materiais com memória de forma	31
3.1. Tipos de SMMs	31
3.1.1. Estudo comparativo de <i>Shape Memory Materials</i>	32
3.2. Histórico do SMA.....	32
3.2.1. SMA – princípios gerais.....	33
3.2.2. Fase martensítica de transformação	34
3.2.3. Efeito de memória de forma simples e duplo	36
3.2.4. A curva histerese	37
3.2.5. Pseudoelasticidade	38
3.2.6. Efeito amortecedor	39
3.2.7. NiTi.....	40
3.2.8. SMA – Fabrico	41
3.2.9. SMA – Aplicação	41

3.3. Os SMA na área têxtil – estado da arte	42
3.3.1. Aplicação funcional de SMA	42
3.3.2. Aplicação de SMA na área da moda	45
4. Desenvolvimento de um novo produto: a metodologia do processo de design e aplicação de têxteis inteligentes a produtos de moda.	57
4.1. Briefing	58
4.1.1. Definição clara do problema e conceito a explorar	59
4.1.2. Pontos chaves do projecto.....	59
4.1.3. Metas e propósitos.....	59
4.1.4. Público-alvo.....	60
4.1.5. Especificações e exigências funcionais	60
4.1.6. Estágios do projecto para o desenvolvimento do produto	60
4.2. Processo de design	63
4.2.1. Fase de preparação	63
4.2.1.1. Contextualização: a <i>lingerie</i> através dos tempos	64
4.2.1.1.1. O primeiro <i>soutien</i>	65
4.2.1.1.2. O <i>soutien</i> no século XX	66
4.2.1.1.3. Novos tempos e novas tecnologias à disposição da moda íntima	68
4.2.1.1.4. Factores psicológicos e fisiológicos ligados à roupa íntima	70
4.2.1.2. Estudo do conforto no desenvolvimento do vestuário	72
4.2.1.2.1. A construção de um <i>soutien</i> e suas qualidades técnicas	74
4.2.1.3. Pesquisa observatória: desconstruindo o <i>soutien</i>	77
4.2.1.3.1. Pesquisa observatória: ser o utilizador.....	78
4.2.1.3.2. Pesquisa observatória: testes	79
4.2.2. Incubação e introspecção.....	82
4.2.3. Experimentação do material	83
4.2.3.1. Experimentação do material – Amostra 1	83
4.2.3.2. Experimentação do material – Amostra 2	85
4.2.4. Avaliação	88
4.2.5. Elaboração.....	88

4.2.6. Prototipagem	89
4.2.6.1. Processamento têxtil dos metais – histórico.....	89
4.2.6.2. Prototipagem da copa em malha – o croché.....	90
4.2.6.3. Prototipagem da copa em malha – tear rectilíneo electrónico.....	92
4.2.6.4. Desenvolvimento de copa em tela	96
4.2.6.5. Aplicação da membrana de TPU respirável.....	97
4.2.6.6. Aplicação da membrana em copa em tela	100
4.2.6.7. Aplicação da membrana à copa em malha	101
4.3. Resultados	102
4.3.1. Custos	104
4.3.2 Testes de funcionalização.....	104
4.3.3. Aplicação da copa inteligente a um produto de moda íntima	107
4.3 4. Testes com a utilizadora.....	109
4.3 5. Questão da sustentabilidade.....	110
5.1. Conclusão	117
5.2. Perspectivas futuras	119
Bibliografia	121
Bibliografia internet.....	133
Referência Bibliográfica Figuras, tabelas e gráficos.....	135
ANEXO I	139

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 2.1a - <i>Trench coat</i> de verniz de Mary Quant.....	10
Fig. 2.1b - André Courrèges	10
Fig. 2.1c - Vestido cosmos de Pierre Cardin	10
Fig. 2.1d - Paco Rabbanne.....	10
Fig. 2.2a - Tecido “Melted Off Contour” por Junichi Arai para Nuno Corporation	11
Fig. 2.2b - Reiko Sudo para a Nuno Corporation	11
Fig. 2.3 - A-POC, por Issey Miyake	12
Fig. 2.4 - “Afterwords” por Hussein Chalayan.....	13
Fig. 2.5a – Tecido “Spirit” pela Schoeller	14
Fig. 2.5b - Jakob Schlaepfer	14
Fig. 2.5c - Jakob Schlaepfer	14
Fig. 2.6a - <i>Smart Shirt</i> Sensatex.....	17
Fig. 2.6b - Foster-Miller	17
Fig. 2.7a - Utilização de microcápsulas de PCM	17
Fig. 2.7b - Fato masculino com a utilização de microcápsulas de PCM	17
Fig. 2.8 - Philips + Levi´s ICD	23
Fig. 2.9a - Luminex	24
Fig. 2.9b - “living dress as a sensitive smart second skin”	24
Fig. 2.9c - Vestido por Angel Chang	24
Fig. 2.9d - Jaqueta desenvolvida pela Corpo Nove	24
Fig. 2.10a - Calça anti-celulite miss Sixty.....	26
Fig. 2.10b - Fato sunwill com mecanismo termo-regulador	26
Fig. 2.11 - Biomimetismo a criar efeitos estéticos a partir da incidência de luz no tecido.....	27
Fig. 2.12 - Estrutura das nanofibras com memória de forma segundo DSC	27
Fig. 3.1 - Esquema ilustrativo da fase de transição e a estrutura cristalina do SME	35
Fig. 3.2 - Ilustração da MPT da estrutura física do material	36
Fig. 3.3- Ilustração macroscópica do efeito de pseudoelasticidade.....	39
Fig. 3.4 - Ilustração do efeito de pseudoelasticidade	39

Fig. 3.5 - Formas de fabricação das ligas metálicas com memória de forma	41
Fig. 3.6 - Tecido SMA de NiTi da GEMTEX.....	43
Fig. 3.7 - Observação tridimensional antes e após processamento têxtil	43
Fig. 3.8 - Esquematização da mola de SMA entre duas camadas de tecido	44
Fig. 3.9 - Variedade de aros para <i>soutien</i> de SMA	45
Fig. 3.10a - Camisola concebida com o tecido Oricalko – Corpo Nove	46
Fig. 3.10b - Transformação do tecido amassado para liso	46
Fig. 3.11 - Efeitos de reflexão da luz	47
Fig. 3.12a - Estrutura tridimensional	47
Fig. 3.12b - Estrutura tridimensional em meia-lua	47
Fig. 3.12c - Diferentes efeitos conforme a temperatura do ambiente	47
Fig. 3.13 - Fios de SMA misturados com uma variedade de fios convencionais	48
Fig. 3.14 - Efeitos tridimensionais criados com fios de SMA para fins decorativos	48
Fig. 3.15a - Vestido a ser electricamente activado	49
Fig. 3.15b - Vestido após posterior activação e o efeito da saia ondulada	49
Fig. 3.16 - Variação de comprimentos da saia no vestido	50
Fig. 3.17 - Abrimento do fecho éclair de um casaco	50
Fig. 3.18 - <i>Moving textiles</i>	51
Fig. 3.19 - <i>Moving Textiles</i> por Marielle Leenders 2000	51
Fig. 3.20 - Projecto Skorpions por Di Mainstone e Joey Berzowska - XS Labs 2006	52
Fig. 3.21 - Kukkia Dress por Joey Berzowska – XS Labs 2006	53
Fig. 3.22 - Vilkas Dress por Joey Berzowska – XS Labs 2006	53
Fig. 4.1 - Fluxograma do desenvolvimento do novo produto	62
Fig. 4.2a - Mosaico romano em Sicília	64
Fig. 4.2b - Corset em armação de metal ano de 1580	64
Fig. 4.2c - A afirmação do uso do corset no século XIX.	64
Fig. 4.3 - Corselet Gorge	65
Fig. 4.4a - Ilustração do modelo de Mary Phelps	65
Fig. 4.4b - Ilustração de modelo de <i>soutien</i> aberto	65
Fig. 4.5 - A evolução do <i>soutien</i> durante o século XX	67

Fig. 4.6a - Jane Russel	67
Fig. 4.6b - Barbarella	67
Fig. 4.6c - Madonna	67
Fig. 4.7 - <i>Soutien</i> inteligente	69
Fig. 4.8 - Processo de desenvolvimento do <i>soutien</i>	75
Fig. 4.9a - Contorno do seio e contorno do tórax	77
Fig. 4.10 - Amassados percebidos na parte interna e externa da copa do <i>soutien</i>	79
Fig. 4.11 - Permeabilímetro ao vapor de água	79
Fig. 4.12 - Alambeta	79
Fig. 4.13 - Introspecção – geração de ideias	82
Fig. 4.14 - Mufla Naber	83
Fig. 4.15 - Amostra 1	84
Fig. 4.16 - Transformação do material a 60°C em 10 segundos	85
Fig. 4.17 - Amostra 2	86
Fig. 4.18 - Transformação do material de +5°C a 37°C em 3 segundos	88
Fig. 4.19 - Desenho ilustrativo da copa	89
Fig. 4.20a - Tecido ornamentado, 1800 D.C.	90
Fig. 4.20b - Bolsa de tecido metálicos de 1830.....	90
Fig. 4.20c - Trabalho de joalheira em metal com estrutura em croché	90
Fig. 4.21a - Desenvolvimento da copa de forma manual.....	91
Fig. 4.21b - Copa final em croché	91
Fig. 4.22a - Resultado do tratamento térmico durante 5 minutos.....	91
Fig. 4.22b - Resultado do tratamento térmico após 15 minutos	91
Fig. 4.23 - Aplicação da copa de NiTi com memória de forma ao <i>soutien</i>	92
Fig. 4.24 - Desenvolvimento em tear rectilíneo electrónico STOLL	92
Fig. 4.25 - Amostra com fio fantasia com algodão e miolo de NiTi	93
Fig. 4.26 - Dinamómetro	93
Fig. 4.27 - Amostra desenvolvida em tear rectilíneo com fio tratado.....	95
Fig. 4.28 - Malha em Jersey cortada em moldes	95
Fig. 4.29a - Vista tridimensional da copa em tela.....	96

Fig. 4.29b - Vista de cima	96
Fig. 4.29c - Vista lateral	96
Fig. 4.29d - Vista frontal.....	96
Fig. 4.30 - Tela tridimensional.....	97
Fig. 4.31 - Ilustração da membrana aplicada à tela	100
Fig. 4.32 - Prototipagem em tela com a membrana aplicada	101
Fig. 4.33 - Simulação da copa em malha com membrana aplicada	101
Fig. 4.34 - Colagem dos moldes de SMA de tear rectilíneo à membrana	102
Fig. 4.35 - Resultado da copa em tela com a membrana aplicada	103
Fig. 4.36 - Copa de SMA em malha, revestido com tecido de malha tradicional	103
Fig. 4.37 - Transformação da copa em aproximadamente 8 segundos	105
Fig. 4.38 - Transformação da copa em 50 segundos	106
Fig. 4.39 - Colecção de <i>lingerie</i> Triumph	107
Fig. 4.40 - Copa em tela aplicada ao <i>soutien</i> (foto da autora)	106
Fig. 4.41 - Copa em malha aplicada ao <i>soutien</i> (foto da autora)	106

ÍNDICE GRÁFICOS

Gráfico 3.1 - Curva histeresis	37
Gráfico 3.2 - Efeito amortecedor	40
Gráfico 4.1 - Inquérito sobre a utilização de tecidos	76
Gráfico 4.2 - Comparativo entre o fio de NiTi em coldwork e sob tratamento térmico	94

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 4.1 - permeabilidade ao vapor de água medida em três amostras	80
Tabela 4.2 - Testes realizados com quatro amostras no aparelho Alambeta.	81
Tabela 4.3a - Propriedades físicas	84
Tabela 4.3b - Propriedades mecânicas	84
Tabela 4.3c - Propriedades de memória de forma	84
Tabela 4.4a - Força de transformação do fio em ciclos	86
Tabela 4.4b - Propriedades físicas do fio	86
Tabela 4.4c - Propriedades mecânicas do fio	87
Tabela 4.5 - Diferenças entre fio tratado e fio em coldwork.....	94
Tabela 4.6 - Propriedades da membrana Walotex	98
Tabela 4.7a - Propriedades de permeabilidade ao vapor de água da membrana de TPU respirável.....	99

Cap. I

:

Introdução

1. INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO DA PROBLEMÁTICA DO ESTUDO

O vestuário é um artigo de fundamental importância na vida do ser humano assim como comida e moradia. Desde a pré-história o homem utilizou peles para protecção, dando início ao conceito da palavra vestuário, que aos poucos foi evoluindo na antiguidade com a criação de tecidos bem como com a produção de roupas. O vestuário continuou a evoluir para além das necessidades de protecção, pudor e adorno, adquirindo características de moda com o lançamento de estilos por parte da corte no século XIV.

A partir do advento da moda, que surgiu para diferenciar o que antes era um vestuário comum, seguiu a evolução do mesmo em formas, cores e materiais, e não parou mais. Hoje a área da moda que está inserida na indústria têxtil e do vestuário é responsável por grande parte do comércio mundial bem como por mão-de-obra, pelo que se torna importante a continuação deste processo evolutivo de forma a acompanhar os avanços económicos, sociais, intelectuais, políticos e culturais do mundo, cada vez mais acelerados devido à Globalização.

O acesso rápido à informação e às tecnologias *avant garde*, trazem consigo mudanças no comportamento do consumidor, tornando-o mais exigente e sedento por novidades. O vestuário de moda, intérprete do “espírito do tempo” capta as tendências e as incorpora no vestuário, portanto a moda representa um mundo comercial dedicado aos caprichos dos consumidores. Sendo assim, percebe-se a necessidade da diferenciação, inovação e acréscimo de valor aos produtos, de forma a surpreender o consumidor satisfazendo-o de forma plena.

A introdução e criação de novos produtos por parte dos designers têxteis e de moda, bem como pelos fabricantes de tecidos e de vestuário, têm procurado sempre a inovação através de formas, materiais, a fim de obter efeitos estéticos e ultimamente nota-se que o vestuário além de ter boa aparência, procura a funcionalidade, conforto e bem-estar do utilizador. Para tal, a indústria tem criado tecidos e vestuários que possuem atributos mais significativos que simplesmente a beleza, possuem também atributos funcionais. Tais desenvolvimentos na indústria têxtil têm se munido de tecnologias, nunca antes imaginadas ficarem agregadas à tecidos, com o objectivo de criação dos têxteis inteligentes.

A área do vestuário de moda e dos têxteis inteligentes estão ainda muito distantes quando se pensa no espaço no mercado mundial que a moda ocupa. Os têxteis inteligentes estão a ser utilizados em grande parte como vestuário de protecção, médico e militar. Porém esta situação está a mudar. Os eventos científicos que antes eram centrados em têxteis inteligentes estão a introduzir o conceito de design de moda aos mesmos. Os oradores que há pouco tempo eram das áreas da electrónica, química, física, estão a ser complementados por profissionais da área do design, que utilizam o *knowhow* destas ciências para desenvolver novos conceitos na área têxtil e do vestuário.

Cabe aos profissionais da área da moda colocar a pergunta: “Não seria a moda um meio de promover os têxteis inteligentes?” A moda não deverá ser equacionada apenas como algo fútil por parte do mundo científico e tecnológico, mas poderá ser um suporte para a divulgação dos têxteis inteligentes. E é este o propósito da dissertação, a aplicação de têxteis inteligentes a produtos de moda, utilizando-se do vestuário de moda como um suporte para promover os têxteis inteligentes.

A ideia do projecto surgiu justamente a partir da escassez de aplicações de têxteis inteligentes a produtos de moda. Desta forma, propõe-se a aplicação de um tecido inteligente a um produto de moda. Por um lado, estão os têxteis inteligentes que melhoram o desempenho e funcionalidade do vestuário, e por outro lado, a moda, que acrescenta valores estéticos ao vestuário inteligente e tornando-o mais atractivo para o consumidor.

1.2. OBJECTIVOS DO TRABALHO

Os objectivos estabelecidos são o desenvolvimento de um substrato têxtil a partir de um material inteligente e conseqüentemente a aplicação deste a um produto de moda. O produto a ser criado nesta dissertação teve que ter em conta:

- Os têxteis inteligentes existentes no mercado;
- Estudo aprofundado sobre as propriedades do material a ser utilizado e aplicado;
- Oportunidades de mercado ainda não exploradas e problemas existentes que possam vir a ser resolvidos;
- Estudo sobre o consumidor específico e o produto a ser desenvolvido segundo expectativas do mercado consumidor actual;

A partir da pesquisa feita, pretende-se elaborar a prototipagem de um produto inteligente que seja aplicado a um artigo de moda, tendo sido escolhido um *soutien*.

1.3. METODOLOGIA

Além dos elementos pré-textuais que compõem o início da dissertação e a introdução (capítulo I), a metodologia possui a seguinte ordem:

- Capítulo II: realiza o estado da arte sobre os têxteis inteligentes existentes no mercado e a sua inicial aplicação aos produtos de moda. A partir destas análises realizadas, verifica-se a oportunidade do uso de um material inteligente com escassez de aplicações, os materiais com memória de forma, conhecidos como *shape memory materials* (SMM).

- Capítulo III: a partir do reconhecimento da oportunidade de aplicação dos SMM, pesquisou-se sobre os tipos existentes e posteriormente um estudo comparativo entre os SMA (*shape memory alloys*) e SMP (*shape memory polymers*). Após o comparativo, realizou-se pesquisa de fornecedores e a escolha do material a ser trabalhado foi o SMA. A partir da escolha do material, estudou-se suas características gerais, propriedades mecânicas e físicas, princípios de funcionamento e principais aplicações até então realizadas. A partir do estado da arte é identificada uma oportunidade de mercado a ser explorada com o uso de SMA, o *soutien*, em específico o *pad*, que possua propriedades de memória de forma.

- Capítulo IV: depois de definido o material a ser trabalhado e o produto a que se deseja aplicar o substrato têxtil, inicia-se o processo de design, com a preparação, incubação e introspecção a gerar ideias, a experimentação do material, a perceber-se o que é exequível e a avaliação do que é mais racional em termos de aplicabilidade e por fim a elaboração, que é a selecção de ideias, elaboração de croqui e confecção de protótipo. O projecto realizado teve uma importante fundamentação teórica e prática, na disciplina de Desenvolvimento de Novos Produtos, em que foi desenvolvido um vestido *babycarrier* multifuncional (Laschuk et al, 2008 e, f, g), que facilitou o processo de elaboração e desenvolvimento do artigo têxtil desenvolvido na dissertação.

Após a confecção do protótipo, que resultou em uma copa inteligente respirável com memória de forma, testes são realizados a fim de verificar a funcionalização da copa, e a seguir, a aplicação desta é feita a uma peça de vestuário de moda íntima. A seguir, uma discussão sobre a questão da sustentabilidade é desenvolvida.

- Capítulo V: Como finalização do trabalho, realiza-se a parte conclusiva, a partir das expectativas sobre o que era esperado do projecto e os objectivos alcançados. Perspectivas futuras são identificadas no decorrer do trabalho e a partir dos resultados atingidos.

Cap. II

-

Inovações tecnológicas e a revolução no vestuário

“Who knows what **clothes** will be? Maybe an aerosol used to spray the **body**; maybe women will be **dressed** in clouded gases adherent to **their body**, or halos of light, *changing colour* with the movements of the sun with **their emotions**... Clothes will become transparent, and revert back into being **ornaments** once again, reflecting women's desires to free their body from all **former restrictions** to let in new possibilities... free ones, really free.”

2. INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS E A REVOLUÇÃO NA INDÚSTRIA TÊXTIL E DO VESTUÁRIO

Na história do design, o desenvolvimento de produtos têxtil e do vestuário têm sido relacionados aos avanços tecnológicos que foram iniciados a partir da interacção entre indústria e ciência. O século XVII presenciou uma série de inovações técnicas aumentando a manufactura de produtos têxteis, com a invenção de novas máquinas têxteis, tear de malha e jacquard. A máquina de costura que revolucionou a produção de roupas e democratizou a moda no século XX e a descoberta da primeira fibra sintética, em 1928 por uma equipa de cientistas da *Dupont*, que só foi anunciado comercialmente em fins da década de 30, introduziu um novo mundo de possibilidades à moda no século XX (Lee, 2005; Kawamura, 2005; Baldini, 2006). Desde então, ficou nas mãos do homem o desenvolvimento de diferentes fibras e utilização de diferentes materiais, tornando-o independente do uso das fibras naturais, abrindo um leque de possibilidades na produção de tecidos (Miller, 1992).

Áreas no domínio da ciência e da tecnologia, que trabalhavam em campos distintos, têm aliado esforços e conseguido resultados surpreendentes com profundo impacto sobre a vida do ser humano (Tao, X. 2001). Os novos tempos proporcionaram profundos avanços na indústria têxtil e do vestuário, com o desenvolvimento de novas fibras, novos tecidos e processos tecnológicos inovadores (Baurley, 2004), resultado das pesquisas científicas que estão a revolucionar a indústria têxtil no mundo (Taylor, M. 1999). O melhoramento no toque, conforto e apelo estético dos tecidos sintéticos tem sido a maior contribuição às perspectivas modernas em relação ao peso, protecção, função, aparência e desempenho dos sistemas do vestuário (McCann, 2005).

Olhando para frente, o futuro promete ainda mais. O mercado para novas tecnologias está a crescer, assim como as exigências e necessidades dos consumidores estão a mudar, o que faz aumentar as suas expectativas em relação ao seu guarda-roupa. Esses consumidores estão cada vez mais ousados e interessados por produtos que tenham acrescentados valores funcionais e estéticos e que possibilitem a interacção, surpresa e entretenimento do usuário. Em resposta a essas novas exigências, investigações e tecnologias radicais estão a entrar em cena no desenvolvimento de novos materiais, sendo estes factores importantes na área da criação de novos tecidos e vestuários, permitindo que designers e cientistas trabalhem em colaboração multidisciplinar tendo como resultado um design dinâmico e interactivo (Matilla, 2006).

2.1. A INFLUÊNCIA DOS DESIGNERS DE MODA NA CRIAÇÃO DE NOVOS TECIDOS TECNOLÓGICOS

Por trás do desenvolvimento de tecidos com tecnologia aplicada estão designers de moda inovadores e fabricantes de tecidos, que experimentam materiais e processos ao desenvolvimento têxtil, que unidos ao imaginário estão a abrir um novo horizonte e influenciar a direcção à qual a moda está a seguir. Designers têxteis estão a enriquecer tecidos com novos conceitos (Black, 2006) e estão a trabalhar de perto com engenheiros químicos e têxteis, a fim de actualizar o visual do têxtil tradicional, obtendo como resultado têxteis tecnológicos, com visual contemporâneo e de alto desempenho através de avançadas técnicas de acabamento (Braddock, 2005).

A partir da década de sessenta, iniciou-se esta nova fase de experimentação através dos designers. No imediato período pós-guerra dos anos 50, a década de 60 ficou conhecida como a “*Space Age*”. Havia excitação por parte das pessoas devido a era espacial e a todos elementos futuristas da época. Foi uma década de experimentação, onde os designers começaram a utilizar novos materiais (fig. 2.1), com ideias revolucionárias e tecidos com elasticidade que anteriormente eram utilizados somente no desporto e que entraram em cena na moda da década de sessenta.



Fig. 2.1a



Fig. 2.1b



Fig. 2.1c



Fig. 2.1d

Fig. 2.1a – *Trench-coat* de verniz de Mary Quant (Fashion In 1960S London 2008);

Fig. 2.1b - André Courrèges (Fukai, A. et al., 2006, p. 551);

Fig. 2.1c - Vestido cosmos de Pierre Cardin (Fashion In 1960S London 2008);

Fig. 2.1d - Paco Rabbane Fukai, A. et al., 2006, p. 571)

Mary Quant em Londres utilizou PVC em capas de chuva (fig. 2.1a) (Worsley, 2000). André Courrèges (fig. 2.1b) e Pierre Cardin (fig. 2.1c) em Paris experimentaram possibilidades de novos tecidos

a partir de vinil e plástico e Paco Rabanne causou frenesi às meninas da época com seus vestidos confeccionados em perspex e metal (fig. 2.1d), plástico e acrílico (Kennet, 1983).

A década de sessenta foi apenas o início do que se prosseguiu em termos de evolução tecnológica nos tecidos. Avanços tecnológicos adoptados por designers influentes tiveram o potencial de criar mudanças de estilos. A mudança na moda partindo desta teoria é provocada por um avanço tecnológico que conduz a uma nova expressão entre a moda e o corpo (Lynch e Strauss, 2007). O desenvolvimento de novas tecnologias e a consequente disponibilidade de fios, tecidos e acabamentos têm sido de extrema importância no rumo que a moda está a tomar.

A superioridade na pesquisa japonesa em tecidos sintéticos deu a oportunidade a uma geração de designers japoneses como Issey Miyake, Yohji Yamamoto, Rei Kawakubo e Junya Watanabe, a utilizarem têxteis tecnológicos. (Azuma e Fernie, 2003). Os designers de moda japoneses são conhecidos por unirem a estética e as limitações práticas em relação as propriedades físicas dos materiais com a tecnologia experimental dos tecidos, através da combinação de têxteis tradicionais e a utilização de novas tecnologias. Um dos maiores exemplos desta vertente é o designer de moda japonês Issey Miyake que através de sua vertente criativa utilizou de inúmeros avanços tecnológicos para desenvolver produtos na área do vestuário e têxtil. (Braddock, 2005). A Nuno Corporation, uma companhia japonesa que conta com o trabalho de Junichi Arai e Reiko Sudo, dedicou-se ao design têxtil de vertente tecnológica, com uma série de novos materiais e processos, desenvolvendo experiências têxteis interessantes na década de 80 e 90 (fig. 2.2a e 2.2b) (Fiell, 2005).



Fig. 2.2a



Fig. 2.2b

Fig. 2.2a - Tecido "Melted Off Contour" por Junichi Arai para Nuno Corporation (Fiell, C. & Fiell, P. 2005, p. 44)

Fig. 2.2b - Reiko Sudo para a Nuno Corporation (Colchester, C. 1997, p. 40)

Porém, a actual tendência difundida pelos designers em agregar tecnologia ao design têxtil não é só mérito dos japoneses, muitos designers de moda estão a seguir este conceito. A designer de moda

Steele Black, que tem se tornado conhecida devido ao uso não tradicional que dá aos tecidos, afirma que “os desenvolvimentos em design podem claramente ser associados com desenvolvimentos tecnológicos. A tecnologia pode conduzir o design, assim como a moda ou o design podem conduzir a tecnologia”. Um exemplo claro deste conceito é o desenvolvimento do A-POC (fig. 2.3), em malharia *seamless*, por Issey Miyake. O conceito do vestuário é uma aproximação da forma de vestuário democrático, onde o consumidor possui a liberdade de cortar a peça onde lhe parecer melhor, com mangas longas ou curtas, com ou sem gola. (Lynch e Strauss, 2007)



Fig. 2.3 - A-POC, por Issey Miyake (Braddock, S.E. & Clarke, M.O., 2005, p. 123)

Seguindo a mesma vertente de junção de têxteis tecnológicos à moda, a designer de moda Donna Karan afirma: “a tecnologia é o futuro da moda”. Donna Karan tem profundo interesse na aplicação de sofisticados acabamentos têxteis, os quais são a base do desenvolvimento das suas colecções. A designer de moda trabalha de perto com os designers têxteis que criam tecidos exclusivos para a sua marca. O objectivo de Donna Karan é criar roupas com boa aparência e desempenho, ou seja, uma vestimenta elegante e confortável.

O designer de moda Hussein Chalayan, um dos estilistas mais intelectuais da actualidade, é sempre lembrado pelas suas criações de cunho tecnológico, conceitual e cultural. O designer experimenta uma série de materiais tecnológicos como meio de expressão para seu trabalho: “para mim, tecnologia essencialmente enriquece minha linguagem como designer. Interesse-me em linguagens que permitam você ir além do corpo ou da roupa “normal” a fim de criar novos visuais. A importância da tecnologia no meu trabalho é que a mesma apresenta novos significados de expressão.” (Lee, 2005, p. 95). A imagem da figura 2.4 ilustra uma saia da colecção *Afterwords*, Outono/inverno 2000/2001.



Fig. 2.4 - "Afterwords" por Hussein Chalayan (Hussein Chalayan at Puma 2008)

A companhia têxtil Schoeller Textile AG demonstra anos de experiência na área através do lançamento de tecidos inovadores. A empresa identificou um novo nicho de mercado despertado por estilistas conceituais que estavam a utilizar tecidos técnicos na área da moda e criou um leque de tecidos, a linha "*spirit*", que combina materiais altamente tecnológicos especialmente para fins estéticos, direccionada para designers de moda (fig. 2.5a). Seguindo a mesma estratégia, Jakob Schlaepfer situada em St. Gallen, na Suíça tem utilizado materiais não usuais em combinação com têxteis tradicionais em muitas de suas colecções para vestuário *prêt-à-porter* e alta-costura, (fig. 2.5b e 2.5c). A empresa acredita que: "a ligação entre a imaginação e a inovação tecnológica é factor chave para mudanças na moda e unida ao *feeling*, inspira a tendência, e direcciona a criação do tecido, os quais inspiram os designers de moda a criarem novos visuais" (Leuthold e Duss, 2004, p.12).



Fig. 2.5a



Fig. 2.5b



Fig. 2.5c

Fig. 2.5a – Tecido “Spirit” pela Schoeller (Braddock, S.E. & Clarke, M.O., 2005, p. 130)

Fig. 2.5b - Jakob Schlaepfer (Leuthold, M. & Duss, B., 2004, p.125)

Fig. 2.5c - Jakob Schlaepfer (Leuthold, M. & Duss, B., 2004, p.142)

A vertente tecnológica que inspira as empresas e designers contemporâneos relacionados, estão intimamente ligados ao progresso que ocorre na indústria têxtil. Tal vertente está cada vez mais íntima a outros sectores científicos, levando à ascensão das tecnologias inteligentes e como consequência, a indústria do vestuário está a se beneficiar com estas tecnologias, através dos têxteis inteligentes.

2.2. TÊXTEIS INTELIGENTES

A inversão estratégica ocorrida na indústria têxtil tradicional, que tem apostado na inovação de produtos, permitiu a consolidação de uma área emergente de estudo e desenvolvimento científico-tecnológica: a dos têxteis inteligentes. Os têxteis inteligentes introduzem um sentido de mudança através da sua incorporação em novos produtos. Ao invés de possuírem uma funcionalidade passiva, os tecidos passam a ter um comportamento activo. Isso faz com que o tecido e especificamente a roupa sirvam como estrutura para que tal comportamento interactivo ocorra. (Berglin *et al*, 2005).

O termo têxtil inteligente surgiu no ano de 1989, no Japão e o primeiro material têxtil que foi processado como têxtil inteligente foi a seda juntamente com SMA, que possui efeito de memória de forma. Têxteis avançados como os respiráveis, resistentes ao fogo ou ultra-resistentes, não são considerados têxteis inteligentes, não importa o quanto tecnológico for o material. (Langenhove e Hertleer, 2004).

O conceito de têxteis inteligentes deriva de materiais inteligentes, e assim são chamados pois sentem e reagem às condições ou estímulos do meio ambiente, através de fontes mecânicas, químicas, térmicas, eléctricas, magnéticas ou outras (Langenhove e Hertleer, 2004, Tao, X, 2001, Colchester, 2007, Schwartz, 2002). As respostas directas a estes estímulos incluem mudanças automáticas na forma, cor, geometria, volume e outras propriedades físicas visíveis. Respostas indirectas podem incluir mudanças a nível eléctrico, molecular ou magnético que não são necessariamente visíveis aos olhos, mas estão aptos a desencadear reacções ou funções programadas (Tang e Stylios, 2005).

O conceito de inteligência aplicados aos têxteis inteligentes pode ser categorizado em:

- *Têxteis inteligentes passivos*, que somente sentem os estímulos do meio ambiente, os sensores (Zhang, X. e Tao, X., 2001a).
- *Têxteis inteligentes activos*, que podem sentir os estímulos do meio ambiente e reagir a eles, pois além de sensores tem a função de actuadores. (Zhang, X. e Tao, X., 2001b).
- *Têxteis ultra inteligentes*, que têm a capacidade de sentir os estímulos do meio ambiente e reagir a estes estímulos adaptando o seu comportamento às circunstâncias, os quais trabalham como cérebro, a cognição, raciocínio e activação de capacidades. (Zhang, X. e Tao, X., 2001c).

Os materiais ultra inteligentes têm sido estudados nos recentes anos devido a suas habilidades de mudar as suas propriedades físicas de maneira hábil, quando estes são estimulados pelo meio ambiente. O conceito dos materiais ultra inteligentes é que estes possuem o seu próprio modo de sentir os estímulos externos nos quais resultam nas mudanças de suas propriedades (Hu, 2007).

A área dos têxteis inteligentes está a se tornar de forma progressiva umas das áreas mais importantes de pesquisa para engenheiros, cientistas e designers, sendo que o seu sucesso depende da interdisciplinaridade das mesmas. O emergente desenvolvimento dos têxteis inteligentes resultou em novas aplicações que mudam a maneira como pensamos sobre materiais, sensores e actuadores.

As áreas de pesquisa em relação a estas novas tecnologias podem ser agrupadas desta forma (Tao, 2001):

Para sensores/actuadores:

- Materiais foto-sensíveis;
- Fibras ópticas;
- Polímeros condutores;
- Materiais termo-sensíveis;

- Materiais com memória de forma;
- Membranas e revestimentos inteligentes;
- Polímeros químico-responsivos;
- Materiais mecânico-responsivos;
- Microcápsulas;
- Micro e nanomateriais;

Transmissão de sinais, processamento e controlo:

- Redes neuronais e sistemas de controlo;
- Teoria e sistemas cognitivos;

Para processos integrados e produtos:

- Fotónica e electrónica em vestuário;
- Estruturas adaptáveis e responsivas;
- Biomimetismo;
- Bioprocessamento;
- Liberação de substâncias químicas e de remédios;

Os têxteis inteligentes representam a nova geração de fibras e tecidos. Este mercado tem crescido muito nos últimos anos e uma das razões para este rápido desenvolvimento é o significativo investimento efectuado pela indústria militar. O mercado global para têxteis inteligentes em 2003 foi estimado em \$300 milhões e a estimativa para o ano de 2008 é de um crescimento elevado, estimado em \$720 milhões (Fitzpatrick, 2004). O mercado americano tem grande potencial na área dos têxteis inteligentes, sozinho foi avaliado em \$64 milhões e espera-se um crescimento anual de 36 por cento, atingindo a estimativa de \$299 milhões em 2009 (McWilliams, 2004). Um dos exemplos pioneiros no que concerne à interactividade entre tecnologia e ser humano pode ser observado na área médica ilustrada na figura 2.6a (com as vestimentas que executam a monitorização da saúde) e militar ilustrado na figura 2.6b (através do monitoramento dos soldados) (Reichel, 2006).



Fig. 2.6a



Fig. 2.6b

Fig. 2.6a - *Smart Shirt Sensatex* – este sistema incorpora avanços na engenharia têxtil, vestuário computadorizado, e informação sem fio, de maneira a colectar, transmitir e analisar informação sobre a saúde do paciente (Lee, S., 2005, p. 153)

Fig. 2.6b - A Foster-Miller especializada em têxteis electrónicos, possibilita um sistema de comunicação nas roupas militares. (Lee, S., 2005, p. 43)

Muitos desenvolvimentos a cerca dos têxteis inteligentes têm sido feitos em todo o mundo. Tecidos reguladores de temperatura (*PCM – Phase Change Materials* (fig.2.7)), tecidos e compósitos integrados com fibra óptica utilizados para monitorização da saúde, a integração de sensores no vestuário, materiais com memória de forma, que tem sido aplicado na indústria têxtil em forma de fibras, filmes e que resultam em vestuários de alto desempenho, fibras inteligentes que são aplicadas directamente ao tecido e que possuem a capacidade de medição de gases, e espécies biológicas e temperatura, os polímeros condutores, materiais termocrómicos e fotocromicos.

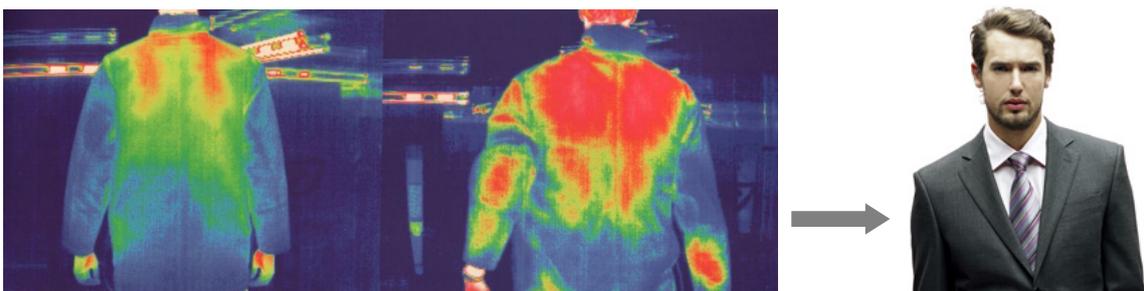


Fig. 2.7a

Fig.2.7b

Fig. 2.7a - Utilização de microcápsulas de PCM. O fato de homem a utilizar microcápsulas de PCM retém o calor à esquerda, e à direita sem a utilização de microcápsulas de PCM, quando o fato transfere o calor, (Braddock, S.E. & Clarke, M.O., 2005, p. 17)

Fig. 2.7b - Fato masculino com a utilização de microcápsulas de PCM, que é invisível aos olhos, porém totalmente perceptíveis pelo corpo (Outlast Fashion Apparel 2008)

As diversas tecnologias que fazem parte do domínio dos materiais inteligentes se encontram em variados estados de comercialização. Tecnologias que se encontram em sucesso comercial são: materiais *piezoelectric*, materiais termo-reguladores e sensores de fibras ópticas. Enquanto que *micromachined electromechanical systems (MEMS)*, materiais magnetostrictivos, *shape memory alloys* e *polymers* e polímeros condutores estão em recente estado de comercialização (Schwartz, 2002).

A área dos têxteis inteligentes é relativamente nova, e por isso gera uma diversidade de opiniões em relação a sua conceitualização, principalmente quando se inclui os têxteis electrónicos à categoria dos têxteis inteligentes. Para Norstebo, (2003, p. 5) “as roupas computadorizadas, ou *wearable computers*, devem ser considerados como uma solução inteligente, e não um têxtil inteligente, quando este não estiver incluso no tecido”. Joana Bersowska (2005, p.2) que tem um trabalho amplo no segmento dos têxteis electrónicos define: “um têxtil electrónico refere a um substrato têxtil que incorpora capacidades de sentir, comunicar, transmitir poder e a interconectar tecnologias a fim de permitir que sensores ou dispositivos de processamento de informação estejam ligados entre si com um tecido. Isto é diferente de um têxtil inteligente que caracteriza avanços científicos na pesquisa de materiais” Ao contrário da opinião de Bersowska e Norstebo, a maior parte da literatura conceptualiza os têxteis electrónicos como têxteis inteligentes, porém estes só conquistam atributos inteligentes quando possuem a capacidade de sentir e de responder a estímulos do meio ambiente, podendo para isso utilizar tecnologias electrónicas.

A electrónica é apenas uma das ciências a que os têxteis inteligentes agregam ao seu desenvolvimento. O progresso na área dos têxteis inteligentes depende da forma como a parte experimental e teórica forem conjugadas nas várias disciplinas como a ciência dos materiais, da computação, electrónica, química e física entre outras que são conjugadas com a tecnologia e o design têxtil.

Além da diversidade de opiniões geradas na conceitualização dos têxteis inteligentes, muitas são as opiniões sobre a entrada dos têxteis inteligentes ao mercado. Segundo a opinião da maioria dos estudiosos na área têxtil em pesquisa realizada na conferência científica têxtil *Ambience 05*, no ano de 2005, sobre as expectativas sobre o futuro dos têxteis inteligentes, estes tecidos levarão de 1 a 5 anos para estarem disponíveis no mercado e cerca de um quarto dos participantes aumenta este número para um período de 5 a 10 anos. Relativo às áreas a que os têxteis inteligentes atingirão o mercado real, os participantes mencionam a área desportiva como a grande favorita. Quando o assunto envolve a

integração de fontes de energia às estruturas têxteis em um futuro próximo, metade dos participantes concorda parcialmente, um quarto discorda totalmente e o outro um quarto concorda totalmente. Em relação aos materiais de mudança de forma, com um impacto realmente eficaz de termoregulagem, a maioria opina que tal tecnologia estará disponível dentro de 1 a 5 anos. E por fim, perguntou-se se os *shape memory materials* e os tecidos com mudança de cor gerariam aplicações inovadoras num futuro próximo, 43% concordaram parcialmente, 28% discordaram totalmente e 18% concordaram totalmente (Fonte: pesquisa feita na *Ambience 05*, na sessão de conclusão, com aproximadamente 200 participantes ligados à área têxtil, Matilla, 2006).

Segundo Sharon Baurley, (2003, p. 73) que estuda o comportamento do consumidor e as influências das interfaces inteligentes na moda, “a aplicação de altas tecnologias aos produtos, não significa torná-los mais complicados e com mais componentes, mas que estes estejam perfeitamente integrados em objectos da vida diária sem alterar suas características, reforçando as suas funcionalidades [...] o desenvolvimento dos têxteis inteligentes necessitarão de novas reflexões que envolverão as disciplinas da ciência e do design para inovar através de novas soluções”. Os desafios relacionados à pesquisa e desenvolvimento destes novos têxteis inteligentes e a sua adopção pela indústria dependem do sucesso interdisciplinar entre design e ciência. Percebe-se que a inter-relação entre tais disciplinas está a ocorrer de maneira tão elevada como nunca antes vista.

Numa fase inicial, os têxteis inteligentes encontraram aplicações funcionais tais como a área médica, militar, espacial, de protecção, entre outros. Porém a demonstração de tais benefícios explorados pelas áreas de utilização citadas, provoca o interesse em áreas como o do vestuário de moda. Esta área está a perceber as possibilidades de aplicação que o vestuário pode se beneficiar e inserindo gradativamente os têxteis inteligentes aos produtos de moda.

2.3. A MODA TECNOLÓGICA E O REFLEXO DOS NOVOS TEMPOS

O vestuário, uma das formas mais visíveis de consumo, desempenha um papel da maior importância na construção social da identidade. (Crane, 2006 p. 21) Este possui três finalidades principais: protecção, adorno e pudor. (Laver, 1989; Lipovetsky, 1989). Cada uma dessas finalidades foi incorporada ao vestuário exactamente nesta ordem: a vestimenta surgiu como forma de protecção a fim

de regular a temperatura corporal; o pudor a fim de ocultar partes do corpo; e o adorno que embeleza a aparência física e de se faz notar.

Porém, segundo Flügel: “o adorno é o verdadeiro motivo que conduziu o homem à adoção de vestimentas, para além de suas funções de preservação da temperatura corporal e do pudor.” (Flügel, 1966, p. 12). O adorno é um dos motivos a que se deu o surgimento da moda. Tal acontecimento ocorreu por volta do século XIV e revelava traços de estética, poder e criação, da sociedade da época.

No período renascentista, havia a corte que era quem ditava as novidades no vestuário e a burguesia que copiava o seu estilo. As classes mais baixas por sua vez copiavam a burguesia de forma a adaptar o estilo ditado numa tentativa de se igualar às classes altas. Como consequência, os estilos das classes mais altas eram copiados pelas classes inferiores. (Crane, 2006). A sazonalidade aos poucos aumentou devido à aceleração do processo de mudança que era adoptado ao vestuário. Quanto mais as classes baixas copiavam as classes altas, mais estas lançavam novidades para se diferenciar dos grupos de status inferiores. Com o advento da indústria, a moda ganhou força com a comunicação de massa e a fabricação de roupas.

A partir do século XIX, a moda passou a ser difundida de uma nova maneira, desta vez, eram os costureiros que ditavam a moda, que seria adoptada pelas classes altas e posteriormente pelos níveis inferiores e assim sucessivamente. A moda além de fenómeno diferenciador de classes, passou inclusive a ser uma manifestação social não verbal que se traduzia através do vestuário. Foi no período pós-guerra que a moda começou a ser utilizada como o meio de expressão, através dos jovens que buscavam comunicar seus ideais.

Como observado por James Laver, “a moda não passa do reflexo dos costumes da época; os estilos são o espelho, não o original. Dentro dos limites da economia, as roupas são compradas, usadas, descartadas exactamente como as palavras, por que satisfazem nossas necessidades e expressam nossas ideias e emoções.” (Lurie, p.26, 1992) Estes significados do vestuário podem estar claros ou em códigos e servem para marcar presença, chamar a atenção, evidenciando determinadas partes do corpo.

A novidade do advento moda que serve como meio de diferenciação e de expressão, se reflecte na forma constante e sucessiva a que as roupas são sujeitas às mudanças em relação às formas, materiais, cores, texturas, padrões. (Bell, 1976; Brenninkmeyer, 1963; Koeing, 1973). A aparência dos produtos e a sua renovação estilística continuam a ter um lugar determinante na produção industrial e a apresentação dos objectos continua a ser crucial para impor o sucesso no mercado. Por toda a parte

impõe-se a lógica da renovação precipitada, da diversificação e da estilização dos modelos (Lipovetsky, 1989).

A moda está a adoptar novos materiais e tecnologias, e a sofisticação frívola das formas foi substituída por um superfuncionalismo *high tech* (Lipovetsky, 1989), permitindo que os designers inovem de maneira nunca antes imaginadas, a fim de interpretar o *zeitgeist*, espírito do tempo, o meio ambiente social e científico, que servem como fonte de inspiração para o desenvolvimento de novos produtos. O trabalho dos designers é absorver o “espírito do tempo”, tomar uma ideia ou tendência e transformar em conceitos juntamente com desenvolvimentos técnicos para transformar em algo tangível (Mete, 2006; Sarup, 1978).

Nos tempos em que vivemos, o *zeitgeist* está a ser absorvido através dos desenvolvimentos de cunho altamente tecnológico que estão a ser feitos na área têxtil, e que nada mais são do que o reflexo do comportamento social, sobre a demonstração da apreciação do ser humano em relação ao mundo contemporâneo para a sociedade, pois a tecnologia aplicada à moda, ajuda-nos na adaptação a múltiplos estilos de vida, ao conforto, à liberdade de movimentos, versatilidade e à funcionalidade que são actualmente factores fundamentais na vida do ser humano (Braddock, 2005).

As exigências dos consumidores sobre os produtos está a mudar, com tendência a necessidades que estimulem o intelecto a satisfazer as experiências emocionais e sensoriais, que são apontados como novos imperativos no desenvolvimento de novos produtos. Produtos de sucesso serão aqueles que aumentam a qualidade de vida de alguma maneira e agreguem valor em termos de funcionalidade e desempenho. Portanto, os tecidos altamente tecnológicos devem continuar a atravessar fronteiras de forma a fazer parte do vestuário da moda quotidiana, adequando-se às novas necessidades dos consumidores contemporâneos (Baurley, 2004).

As actuais tendências indicam que os produtos de vestuário estão em mudança contínua e os consumidores agora requerem estilos que combinem realidade, conforto e praticidade (Sorensen, 2002). As empresas estão sempre a tentar satisfazer as necessidades físicas e psicológicas dos consumidores, portanto, os designers de moda precisam entender as necessidades dos consumidores considerando o equilíbrio entre estética e funcionalidade no desenvolvimento de um novo produto. A inovação tem sido abordada em diferentes mercados e muitos são os estudos que a relacionam com o design, desempenho e os impactos que a inovação proporciona. As linhas destes estudos são representadas pelo facto dos

pesquisadores considerarem a tecnologia como condutora das mudanças a nível industrial (Babin e tal, 1994).

É importante ainda, ressaltar que a noção que temos sobre materiais têxteis e tecnologia mudará, e que o design de moda estará cada vez mais próximo do design de produtos, devido à complexidade que a produção dos artigos que incorporam têxteis inteligentes adquiriram. Assim como a mudança na manufactura dos produtos de moda alteram-se com a incorporação dos têxteis inteligentes, também mudará a maneira como nos comportamos em relação à utilização. Muitas pesquisas que ainda estão a ser realizadas se encontram em estágio de desenvolvimento, muitos produtos ainda estão em fase de prototipagem. O vazio existente entre a moda e as tecnologias está a ser preenchido através da pesquisa em laboratórios a explorar as possibilidades existentes na inteligência da moda imediata e futura. Para Sharon Baurley, “a aplicação de inovações tecnológicas aos tecidos se tornará tão importante quanto a própria moda.” No mundo da moda, novos têxteis tecnológicos têm surtido um imenso impacto com seu visual único, toque e desempenho. Nas últimas décadas, avanços na tecnologia têxtil tem provido todas as áreas da moda com tecidos futuristas que são tão funcionais quanto bonitos (Baurley, 2004, p. 274).

2.4. APLICAÇÃO DOS TÊXTEIS INTELIGENTES A PRODUTOS DE MODA

A moda foi escolhida como um veículo para a tecnologia não pela presença de qualquer inteligência intrínseca, mas por ser um meio versátil, móvel, universal e adaptável, que actua como suporte principal para as roupas inteligentes (Quinn, 2002). Roupas inteligentes podem ser definidas como as roupas que utilizam de têxteis inteligentes na sua confecção (Ariyatun et al, 2005) e são desenvolvidas a fim de perceber as necessidades do usuário no contexto do meio ambiente e proporcionar auxílio na hora e local apropriados, com o mínimo de esforço por parte do usuário (Marzano, 2000).

Muitos materiais que originalmente eram utilizados em aplicações militares e espaciais estão a ser utilizados por designers devido ao seu encanto único. Designers de moda estão adicionando fios, circuitos e fibras ópticas, à têxteis tradicionais criando vestuários que brilham no escuro ou mantêm a temperatura do usuário agradável (Gould, 2003), por isso é cada vez mais importante que os designers de moda adquiram conhecimentos básico sobre as novas tecnologias e seus funcionamentos.

A primeira geração de vestuário de moda inteligente utiliza materiais e componentes convencionais e tenta adaptá-los ao design têxtil. Estes podem ser considerados vestuário electrónico ou *e-garment*, onde dispositivos electrónicos são adicionados ao substrato têxtil. O primeiro vestuário que seguiu esta filosofia foi a Levi Strauss em parceria com a PHILIPS, na criação de uma jaqueta que possui um sistema integrado de microfone, telemóvel, fones de ouvido e um MP3 *player*, desenvolvido na década de 1990 (Langenhove e Hertleer, 2004) (Fig. 2.8).



Fig. 2.8 - Philips + Levi's ICD (Lee, S., 2005, p. 49)

A aplicação de têxteis inteligentes à moda faz com que o vestuário exerça uma interacção entre o meio ambiente e o usuário. Para Berzowska, (2005, p. 10) que trabalha a interactividade entre os têxteis inteligentes e a moda, “ uma das características da moda reactiva é habilitar a ideia de mudança de pele, de identidade ou do contexto cultural”. A área emergente dos têxteis inteligentes e dos *e-textiles*, muda a forma como interagimos com a tecnologia na “era digital”. De acordo com Stephano Marzano, da Philips Electronics, que está investindo na área têxtil desde o lançamento do ICD em parceria com a Levi's, “nosso meio ambiente do futuro consistirá em sistemas interactivos invisíveis que estarão integrados no nosso espaço físico ou nas nossas roupas, criando um ambiente inteligente que poderá formar uma parte natural do nosso meio ambiente” (Baurley, 2004 p. 275).

Podemos perceber alguns exemplos de aplicação de têxteis inteligentes ao vestuário de moda na figura 2.9, em linguagens não somente funcionais como também estéticas. A figura 2.9a ilustra um fato de senhora com tecido de fibra óptica *Luminex*. Este substrato pode ser tecido com outros tipos de fios e emite luz própria desde que seja alimentado por uma fonte de energia. Jenny Tilotson seguiu como linha de pesquisa o projecto “*living dress as a sensitive smart second skin*”, o vestido imita o sistema

circulatório, sentidos e glândulas do corpo e a partir destes estímulos libera diferentes fragrâncias de acordo com o estado de espírito da pessoa que está a vesti-lo (fig. 2.9b). Os pigmentos termocrômicos são utilizados pela designer de moda Angel Chang, que na figura 2.9c ilustra um vestido de *chiffon* plissado com pigmentos termocrômicos. Quando aquecida a estampa do vestido passa de um tom amarelado para alaranjado. A figura 2.9d ilustra a aplicação dos têxteis inteligentes ao vestuário de moda de forma funcional. Uma jaqueta desenvolvida para situações climáticas extremas para uma expedição na Antártida desenvolvida pela *Corpo Nove*, com a membrana Diaplex com memória de forma, feita a partir de SMPU (*Shape memory polyurethanes*) e isolante aerogel.



Fig. 2.9a



Fig. 2.9b



Fig. 2.9c



Fig. 2.9d

Fig. 2.9a - Luminex (Lee, S., 2005, p.107)

Fig. 2.9b - "living dress as a sensitive smart second skin" (Lee, S., 2005, p. 168)

Fig. 2.9c - Vestido por Angel Chang (Angel Chang Collection 2007)

Fig. 2.9d - Jaqueta desenvolvida pela Corpo Nove (Braddock, S.E. & Clarke, M.O., 2005, p. 44)

Além das disciplinas citadas anteriormente que são utilizadas pela indústria têxtil no desenvolvimento de têxteis inteligentes, a nanotecnologia, é uma das ciências que está a contribuir para os avanços tecnológicos na área têxtil. Os desenvolvimentos em nanotecnologia têm potencial para inspirar avanços no design de superfícies, em um alto nível de precisão. As aplicações da nanotecnologia ao design têxtil ainda são recentes mas podemos notar a utilização desta tecnologia por várias empresas, tornando-se cada vez mais próxima do consumidor final (Laschuk et al, 2008d).

2.4.1. APLICAÇÃO DA NANOTECNOLOGIA AOS TÊXTEIS INTELIGENTES NOS PRODUTOS DE MODA

A nanotecnologia é designada como a ciência que opera a um nível molecular. O prefixo nano é representado pela sigla nm e representa 10^9 . A nanotecnologia surge no fim dos anos setenta através da criação de instrumentos de manipulação e visualização de átomos e moléculas. Segundo a empresa líder em pesquisa LUX, que anunciou alguns dados em relação a nanotecnologia no “The Nanotech Report 4th edition”, \$32 milhões da produção global de bens incorporou a nanotecnologia em 2005. Em 2014, \$2.6 mil milhões da produção de bens de consumo incorporarão a nanotecnologia no panorama global (Hebert, P. 2006).

A utilização da nanotecnologia por parte da indústria têxtil ainda é pequena em relação ao que se estuda e ao que se discute em relação a esta ciência. Artigos, livros, e conferências na área da indústria têxtil dão apenas uma prova do que está por vir nesta área e aos poucos a nanotecnologia está a sair da utopia, entrando para a realidade da vida do consumidor. A aplicação desta ciência aos tecidos tem se mostrado através do desenvolvimento de tecidos anti-UV, *self-cleaning*, bacteriostático, cosmetológico, repelente entre outros (Parthasarathi, V.2008, Sheng, E, 2005).

A nanotecnologia proporciona à área têxtil, novas características às fibras, fios e tecidos, bem como novos horizontes aos têxteis inteligentes. As nanofibras com memória de forma, fibras multifuncionais com micro-cápsulas termocromáticas, cosmetológicas, bacteriostáticas e termo-reguladoras fazem parte do grupo de têxteis inteligentes a que a nanotecnologia está a ser aplicada.

Exemplos destas aplicações são as roupas inteligentes que contêm nanopartículas de aromas que ao reconhecer o suor liberam substâncias com aromas a fim de prevenir o odor indesejável. Para tal efeito, partículas de ciclodextrina são incorporadas ao tecido e são totalmente compatíveis com a pele e possuem acção poderosa contra os odores (Freshness when you need 2008). As nanocápsulas cosmetológicas para além de aroma, podem liberar substâncias para cuidados específicos da pele através de substâncias como o Chitosan, que ajuda a pele a se proteger da desidratação e proporcionar um aspecto aveludado. A marca de gangas Miss Sixty, está a utilizar a tecnologia das microcápsulas na redução de celulite (fig. 2.10a) (Miss Sixty Anti-Cellulite Clothing Dismissed 2004; Miss Sixty Collection 2008).

Outra área de aplicação da nanotecnologia aos tecidos inteligentes acontece através dos tecidos termo-reguladores. O mecanismo de funcionamento acontece através do ingrediente termo-regulador que

é um material com mudança de fase, os PCM. Quando a microcápsula entra em contacto com ambientes frios, se solidifica libertando calor, e quando entra em contacto com a temperatura corporal em estado elevado, as cápsulas transformam-se em líquido captando calor. A figura 2.10b ilustra peça da colecção Outono/inverno 2007 da Sunwill que utiliza esta tecnologia, nomeada pela marca como *“built-in air conditioning”* (Klimeo: thermo-regulating for everyday wear 2007).



Fig. 2.10a



Fig. 2.10b

Fig. 2.10a - Calça anti-celulite miss Sixty (Miss Sixty Collection 2008)

Fig. 2.10b - Fato sunwill com mecanismo termo-regulador (Sun Will Collection 2008)

Quando se trata de efeitos estéticos desenvolvidos em têxteis inteligentes através da nanotecnologia, temos como exemplo o tecido morphotex. Este tecido que teve início de pesquisa em 1995 pela Nissan Motors Tanaka Kinzoku Kogyo, é um exemplo de tecido inteligente que se utiliza da nanotecnologia e que tem como referencial o biomimetismo. Os fios do morphotex, reproduzem o brilho das asas das borboletas através de 61 camadas de poliéster e nylon alternados que reflectem luz e expressam diferentes cores, de acordo com o ângulo e a intensidade da incidência da luz (fig. 2.11).



Fig. 2.11 - Biomimetismo a criar efeitos estéticos a partir da incidência de luz no tecido

Além de acabamentos inteligentes que a nanotecnologia proporciona, é também possível através dessa ciência, a produção de fibras inteligentes. O Institute of Textiles and Clothing, de Hong Kong, extrudiu nanofibras com efeito de memória de forma a partir de uma solução de SMPU utilizando o processo de *electrospinning*. As fibras com diâmetro ultrafino de 50 a 700 nm, mostraram bons resultados em relação ao efeito de memória de forma, obtendo 98% de recuperação de forma, e 80% de fixação de forma (fig. 2.12) (Zhuo, 2007).

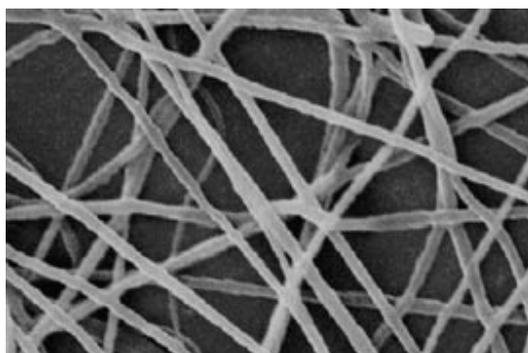


Fig. 2.12 - Estrutura das nanofibras com memória de forma segundo DSC (Zhuo, H et al, 2007, p. 2)

O material com memória de forma, como o utilizado pelo Institute of Textiles and Clothings, é uma das áreas em desenvolvimento que já é a algum tempo explorada e que está em desenvolvimento

acelerado. O uso de SMM na área têxtil reflecte a importância da inovação tecnológica e dos benefícios do seu potencial estético e funcional no vestuário. Por meio de estímulos eléctricos, magnéticos, e térmicos, o efeito de memória de forma desencadeia e cria a possibilidade de efeitos no tecido e no vestuário de forma significativa. Os estímulos podem criar efeitos tridimensionais e proporcionam “vida” ao tecido. Tais efeitos são conseguidos através da inclusão de materiais com memória de forma ao substrato têxtil. Os *Shape Memory Alloys (SMA)* e *Shape Memory Polymers (SMP)* são utilizados nas estruturas têxteis na criação de efeitos estéticos e funcionais, assim como no desenvolvimento de peças de vestuário (Laschuk e Souto, 2008, c). O estudo das propriedades físicas, mecânicas e de memória de forma, assim como o que já foi desenvolvido na área têxtil e de confecção, torna-se importante na criação de novos efeitos e novos produtos. O capítulo a seguir tem o intuito de pesquisar as tecnologias acima citadas de maneira a compreender da melhor maneira o funcionamento do material e o que tem sido apresentado na área, a fim de encontrar um nicho de mercado para ser explorado no âmbito desta dissertação.

Cap. III

:

Shape Memory Materials, materiais com memória de forma.

“ **Imagine** tight weaves that open to become floppy and draped, knits that flip from knobby to smooth, fake furs that fluff up like a bird’s feathers in harsh wind or icy **temperatures** and then relax to silky sleek with indoor warmth. Perhaps **garments** will iron themselves, or **remember** our preferred fit. ”

Suzanne Lee, 2005.

3. SHAPE MEMORY MATERIALS, MATERIAIS COM MEMÓRIA DE FORMA

Os SMM têm despertado interesse comercial em muitas áreas desde a utilização industrial do SMA com as ligas metálicas de NiTi, na década de setenta e a seguir com a invenção do *shape memory polyurethane* (SMPU) em 1988 pela MHI (Mitsubishi Heavy Industries). Tais descobertas têm feito aumentar o seu campo de actuação no mercado industrial, assim como tem gerado oportunidades de actuação na área têxtil. O interesse nos materiais com memória de forma se deve à característica de material inteligente actuador que responde a um impulso gerado pela função sensorial do material.

Os SMM são considerados materiais ultra-inteligentes segundo a definição de Xiaoming Tao, pois têm a capacidade de sentir aos estímulos do meio ambiente e reagir a estes estímulos de forma pré-programada adaptando o seu comportamento às circunstâncias. Os SMM possuem a habilidade de “recordar” a sua forma original, ou seja, se o material é deformado a uma forma temporária, o seu retorno à forma original é realizado através de um estímulo externo do meio ambiente. Estes materiais podem sentir uma variedade de mudanças físicas, incluindo estímulos térmicos, mecânicos, magnéticos ou eléctricos. Estes factores físicos estimulam o *Shape memory effect* (SME), o efeito de memória de forma do material, capacitando-o a responder e transformar-se de maneira específica a uma determinada: forma, posição, força, rigidez, frequência natural, humidade, fricção (já pré-estabelecidas), (Bonnot et al, 2007). Quando um estímulo é aplicado a um material, este deve retornar a sua forma original (memorizada) sem deformações. Porém se o estímulo não alcança a temperatura de transição do SMM, o SME não é observado (Nurveren et al, 2008).

3.1. TIPOS DE SMMs

Além das ligas metálicas, que foram as primeiras a apresentarem o efeito de memória de forma, existem uma variedade de materiais que possuem esta propriedade, como as cerâmicas, polímeros e géis (Bonnot et al, 2007). Porém o foco destes materiais tem sido o desenvolvimento principalmente dos *Shape memory alloys* e *Shape memory polymers*. A liga metálica que possui maior potencial de memória de forma é a de NiTi (níquel-titânio), devido às suas forças de recuperação de forma. No caso dos SMP, o polímero que tem se destacado nas aplicações de memória de forma é o *Shape memory polyurethane*

(SMPU) descobertos pela MHI em 1988. Tal destaque se deve ao vasto campo de temperatura de recuperação e à alta força de recuperação que o SMPU possui.

3.1.1. ESTUDO COMPARATIVO DE *SHAPE MEMORY MATERIALS*

Através de um estudo comparativo entre os dois SMM mais utilizados: o SMPU e o SMA de NiTi, é possível reconhecer a diferença entre eles, assim como suas vantagens e desvantagens. Os SMA têm sido utilizados devido a sua excepcional pseudoelasticidade, propriedades de memória de forma, biocompatibilidade, ótima resistência, habilidade recuperação de forma em 100%, resistência à corrosão e elevada resistência mecânica. Possuem porém baixa força de recuperação, por volta dos 8% e seu uso excessivo no vestuário pode trazer um aspecto tátil não desejável. Os SMP têm despertado interesse por parte da indústria têxtil devido a sua leveza, alta força de recuperação, fácil manipulação, superior processabilidade, alta estabilidade de forma, baixo custo em comparação aos SMA e possuem um largo campo de controlo da temperatura de recuperação de forma.

Apesar da utilização existente nos SMA no vestuário de moda íntima, casual, e de protecção, os SMP possuem maior potencial para a aplicação na área têxtil e do vestuário em geral por possuírem fácil manipulação, bom toque e leveza. Porém, poucas aplicações com a utilização de SMP têm sido trazidas ao mercado, o número de fornecedores do material ainda é muito pequeno e os mesmos são de difícil acesso, dificultando a aplicação na área têxtil. (Laschuk e Souto, 2008a). Portanto, devido a impossibilidade de fornecimento do material SMP, a pesquisa foi aprofundada nos materiais do tipo SMA.

3.2. HISTÓRICO DO SMA

O SMA foi o primeiro SMM a ser descoberto. Tal facto ocorreu em 1932, quando a habilidade de superelasticidade foi observada em uma liga metálica de ouro-cadmium (Zhong e Yeong, 2006). Em 1950, descobriu-se que o efeito de memória de forma (SME) poderia ser utilizado para desempenhar trabalho físico, gerando grande interesse de pesquisa, o qual direccionou para o descobrimento de uma liga metálica de indium-titanium com capacidade de recuperação de forma similares. Em 1963 William J. Buehler e parceiros no U.S. Naval Ordnance Laboratory (NOL) descobriram o SME em uma liga metálica de NiTi, com composição de 53 a 57% de níquel em sua composição, com forças residuais de 8-15%

(Auricchio et al, 1997) o qual tem melhores propriedades do que as ligas metálicas descobertas anteriormente, que por sua vez eram tóxicas e possuíam custos elevados. As ligas metálicas de NiTi além de não serem tóxicas têm menor custo e melhor relação deformação-recuperação. Depois da invenção da liga de NiTi, outras surgiram em seguida, como as ligas metálicas de cobre-alumínio-níquel, cobre-titânio, cobre-zinco, cobre-ouro-zinco, cobre-zinco-alumínio, ferro-platina, níquel-alumínio, e manganês-cobre.

3.2.1. SMA – PRINCÍPIOS GERAIS

Os SMA são uma classe de metais sensitivos que tem a habilidade de memorizar a uma forma pré-programada quando estimulado pelo calor ou pela corrente eléctrica (Vili, 2007), exibindo propriedades únicas de recuperação de forma (SME) e pseudoelasticidade, assim como alta resistência a fadiga (Sepúlveda et al, 2008) e efeito amortecedor.

O SMA têm atraído muito interesse na área da ciência e sido utilizado em vários sectores da indústria devido às suas propriedades termo-mecânicas como o efeito de memória de forma e a pseudoelasticidade, os quais estão associados com a maneira particular, como ocorre a fase *Martensitic Phase Transformation* (MPT) (Patoor et al, 2006). A MPT, ou fase de transformação martensítica é um estado bifásico sem difusão e baseia-se no processo do movimento co-operatório dos seus átomos, gerando alongamento, contracção, e cisalhamento ao longo dos planos da liga metálica. A MPT possui duas fases estáveis, a fase *martensite*, que corresponde ao estado cristalino a baixas temperaturas, e a fase *austenite* que corresponde ao estado cristalino a altas temperaturas e à forma memorizada. (Dumont e Kühn, 2005). O SME a que se deve a MPT, e que ocorre quando um SMA é aquecido ou resfriado sob temperaturas de transição específicas (Buehler e Wang, 1967), acontece da seguinte maneira: o SMA, passa por processamento termo-mecânico de memorização, em que são fixados a uma determinada forma, com a um tratamento de calor a altas temperaturas. Após arrefecimento estes podem ser amassados, esticados, deformados.

O mesmo material pode recuperar a forma que foi memorizada através de um processo de aquecimento moderado. O material possui a habilidade de recordar a sua forma pré-determinada mesmo depois de severas deformações (Hu, 2007). O comportamento da MPT e a temperatura de transição são

fortemente influenciados pelo tratamento termo-mecânico ao qual o material é submetido. (Nurveren et al, 2008).

3.2.2. FASE MARTENSÍTICA DE TRANSFORMAÇÃO

A figura 3.1 ilustra a fase de transição e a estrutura cristalina de um SMA de NiTi durante o *shape memory effect*.

Na forma *austenite* a altas temperaturas a estrutura é cúbica com forte simetria (fig. 3.1a), é nesta fase que a forma do material é memorizada. Após o processo de memorização, a fase de altas temperaturas *austenite* é arrefecida para a fase *martensite* inicial M_s (*Martensite Start Temperature*). Esta é uma fase de transformação sem difusão. Quando a liga metálica é arrefecida abaixo da temperatura *martensite* final M_f (*Martensite Finish Temperature*), o material se encontra inteiramente na fase *martensite* em um estado mais macio e maleável esperando ser mecanicamente deformada para uma nova forma temporária. Durante o processo de resfriamento a forma macroscópica da liga metálica não muda em sua totalidade. No entanto, com o objectivo de manter a forma geral durante o resfriamento, a liga metálica deforma a estrutura cristalina para uma estrutura em forma de diamante, a fim de acomodar um estado mínimo de energia (fig. 3.1b). Se o material que se encontra na forma *martensite*, for deformada a uma forma temporária, o sistema da liga metálica minimiza a energia continuando o movimento *twin boundary* (fig. 3.1c). Quando este material deformado é aquecido acima da temperatura *martensite* inicial A_s (*Austenite Start Temperature*), a mudança de fase *martensite* para *austenite* começa e a liga metálica retorna a sua estrutura cristalina original programada na temperatura *austenite* final A_f (*Austenite Final Temperature*), e à sua rígida forma (fig. 3.1d). Quando a temperatura diminui e o material é arrefecido e este volta a forma fase *martensite* novamente (fig. 3.1e) (Patoor et al, 2006). O processo descrito e ilustrado na fig. 2 é chamado *one-way SME*.

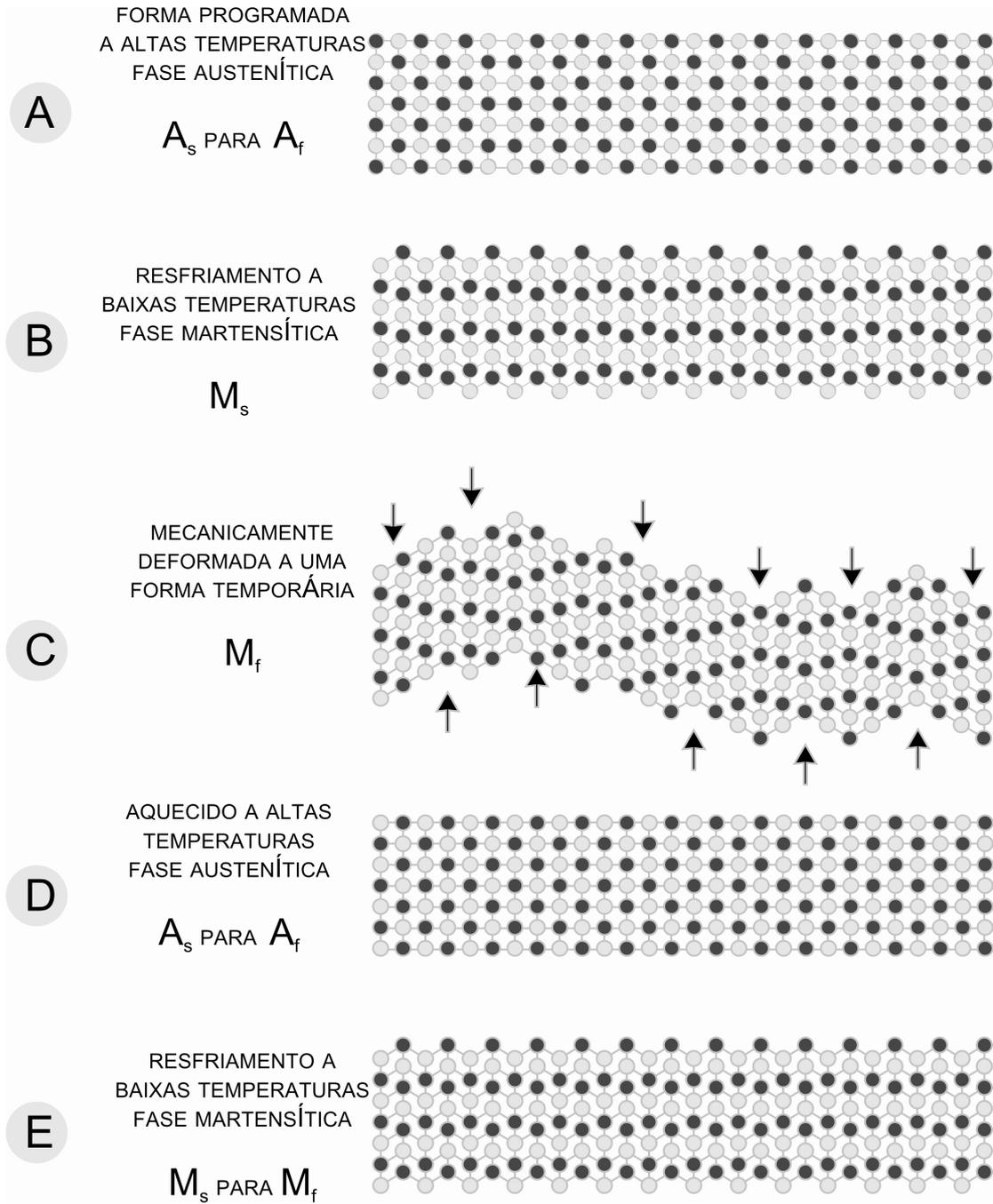


Fig. 3.1 - Esquema ilustrativo da fase de transição e a estrutura cristalina do SME (Honkala, M., 2006, p. 89)

Na figura 3.2 pode-se visualizar o SME em uma barra de NiTi a ser deformada por força mecânica. Neste caso a barra na fase *martensite final* (M_f) foi deformada pela força humana, e recupera a forma original quando for submetida a um aumento na temperatura até chegar a fase *austenite final* (A_f).

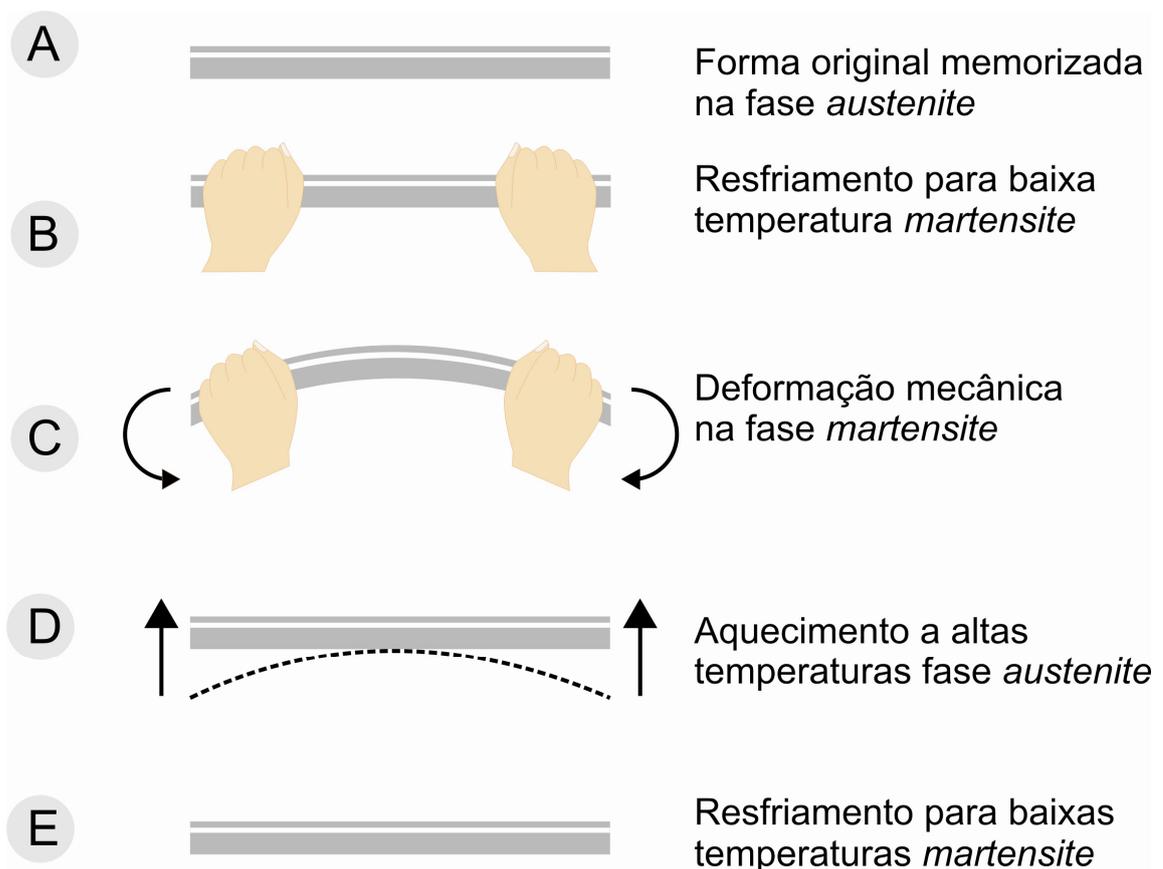


Fig. 3.2 - Ilustração da MPT da estrutura física do material (Honkala, M., 2006, p. 89)

3.2.3. EFEITO DE MEMÓRIA DE FORMA SIMPLES E DUPLO

O efeito de memória de forma geralmente é identificado como um processo de efeito de memória simples conhecido como *one-way shape memory effect*. Neste caso, quando a mudança de forma segue um processo de recuperação sob aquecimento, normalmente não ocorre uma mudança reversa de tamanho após o resfriamento, então o modelo precisa ser tensionado novamente para que se repita o SME. Porém, no efeito de memória de forma duplo, conhecido como *two-way shape memory*

effect (TWSME), ocorre a transformação espontânea de forma durante o aquecimento e o resfriamento do material (Patoor et al, 2006), sem necessidade de aplicação de qualquer esforço externo (Zaki e Moumni, 2007). Este efeito duplo foi pela primeira vez observado em 1974 por Perkins. O efeito de memória de forma dupla não é uma característica intrínseca do material, mas sim adquirida através da repetição cíclica de movimentos termo-mecânicos.

As ligas metálicas que apresentam um efeito de memória duplo tem menor força de recuperação, e as forças de recuperação a baixas temperaturas são bem menores em comparação aos valores do SME encontrados nos SMAs de efeito simples (Honkala, 2006).

3.2.4. A CURVA HISTERESE

A curva histerese é geralmente definida como a diferença entre as temperaturas no qual o material é 50% transformado para a fase *austenite* quando aquecido e 50% transformado para a fase *martensite* quando arrefecido (gráf. 3.1).

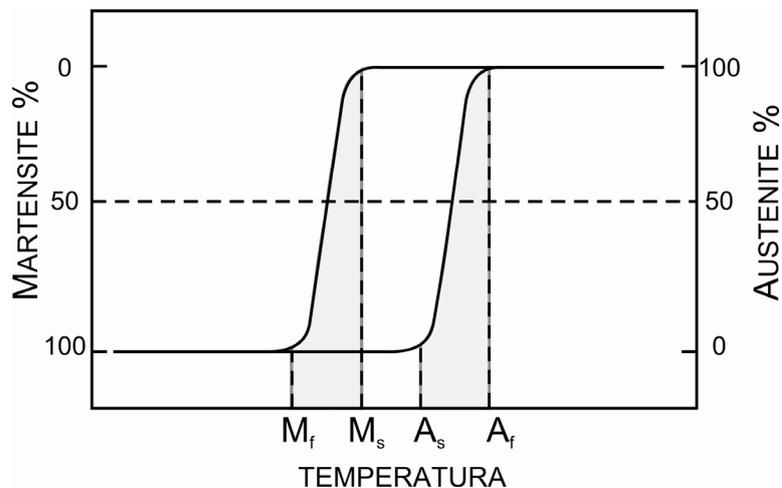


Gráfico 3.1- Curva histeresis (Honkala, M., 2006, p. 86)

Quando o material SMA na fase *martensite* é aquecido, ele começa a mudar para a fase *austenite*. A temperatura que o material tem quando o fenômeno começa a acontecer é nomeada *austenite start temperature* (A_s). Quando a passagem do material da fase *martensite* para a fase *austenite* se completa a temperatura é chamada *austenite final temperature* (A_f). Quando o material em

fase *austenite* é arrefecido, este começa a passar novamente para a fase *martensite*. A temperatura do material no estágio inicial desta fase chama-se *martensite start* (M_s). A temperatura na qual o material é completamente revertido à fase *martensite* é chamada *martensite finish temperature* – (M_f) (Honkala, 2006).

3.2.5. PSEUDOELASTICIDADE

Dentro das várias aplicações a que o SMA é submetido, a propriedade mais explorada comercialmente é a pseudoelasticidade. (Wu e Schetky, 2000). A pseudoelasticidade é o termo empregado para descrever as aparentes deformações elásticas da fase *austenite*.

O efeito de pseudoelasticidade dos SMA é caracterizado pelo montante de força elástica do material, que é vinte vezes maior em comparação a materiais convencionais. O efeito de pseudoelasticidade pode ser também chamado de efeito de superelasticidade. O comportamento pseudoelástico do material exige um treinamento similar ao do SME: o material é submetido a um processo de memorização a altas temperaturas e conseqüente arrefecimento. O efeito é baseado na transformação interna da estrutura cristalina, que acontece na fase *austenite*, em uma fase inicial e que pode passar a fase *martensite* caso um esforço externo modifique o material. Mediante a retirada da carga, a transformação reversa ocorre e a deformação desaparece sem a necessidade da aplicação de calor (Memory Metalle Info Sheet).

A figura 3.3 ilustra o efeito de pseudoelasticidade entre a fase *austenite* (forma criada a altas temperaturas) e a fase *martensite* (forma deformada do material) sem a necessidade de aplicação de calor a uma visão microscópica do material. A figura 3.4 ilustra o mesmo processo porém está a representar uma barra de NiTi a uma visão em macroescala, na fase *austenite* e deformada para a fase *martensite* através de força mecânica e a sua recuperação da forma *austenite* através da retirada do esforço mecânico. Alguns autores utilizam o termo pseudoelasticidade para denotar a mudança da fase *austenite* para a *martensite* assim como para referir ao efeito amortecedor.

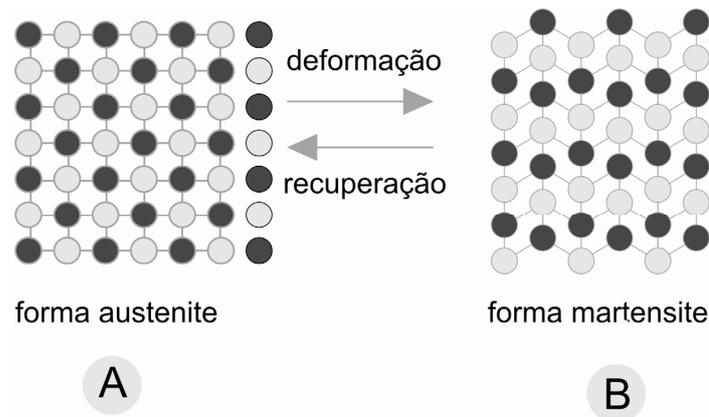


Fig. 3.3 - Ilustração macroscópica do efeito de pseudoelasticidade (Memory-Metalle GmbH. 2008)

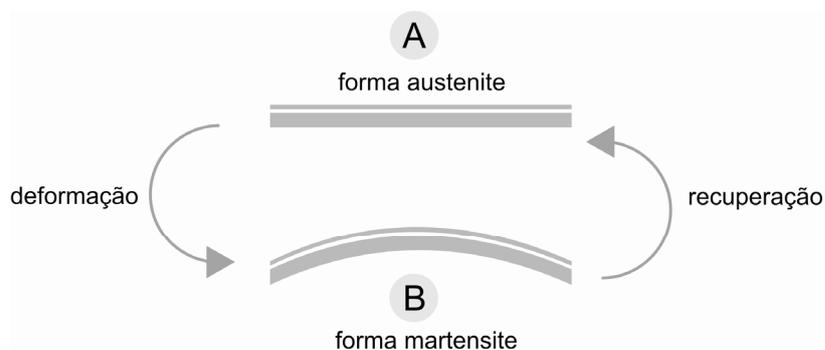


Fig. 3.4 - Ilustração do efeito de pseudoelasticidade (Memory-Metalle GmbH. 2008)

3.2.6. EFEITO AMORTECEDOR

Todos materiais possuem a capacidade de amortecimento, sendo que os SMA exibem alta capacidade de amortecimento em relação a outros materiais (Otsuka, 2005). A capacidade de amortecimento que resulta da dissipação de energia mecânica por fricção interna, é alta no domínio da MPT e é ainda mais alta zona de transição, onde a fase *martensite* e *austenite* coexistem. As capacidades de amortecimento em relação à temperatura estão ilustradas no gráfico 3.2.

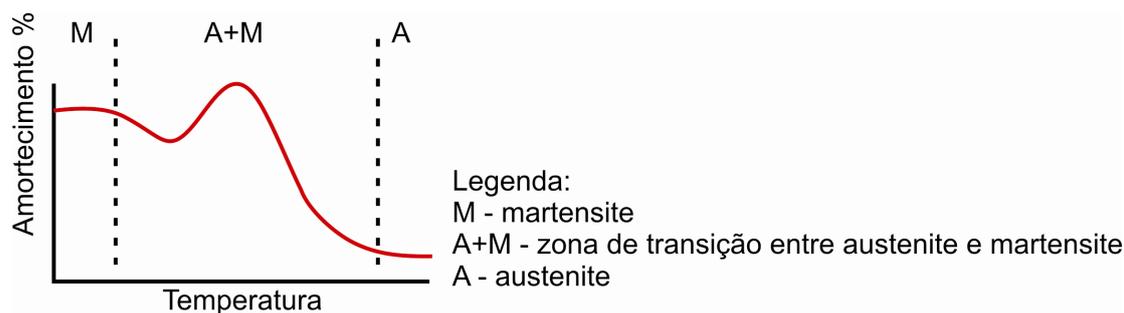


Gráfico 3.2 – Efeito amortecedor (Boussu, F. & Petitniot, J., 2006, p. 3)

3.2.7. NiTi

Durante anos, muitas ligas metálicas com SME têm sido desenvolvidas. Porém as ligas metálicas que mais tem obtido sucesso na utilização industrial são as ligas metálicas à base de níquel-titânio (NiTi) e cobre (CuZnAl e CuAlNi), pois satisfazem substancialmente os critérios de força de recuperação de forma e por isso despertam maior interesse comercial. As ligas metálicas a base de cobre têm sido utilizadas no sector industrial por possuírem baixo custo em relação a processabilidade e matéria-prima e possuem um abrangente campo de temperaturas de transição. Apesar das vantagens das ligas metálicas de cobre sobre as ligas metálicas de NiTi, e do alto custo e complexidade na fabricação, as ligas de NiTi são amplamente utilizadas como biomateriais assim como materiais no sector industrial devido as suas excelentes propriedades de memória de forma (alta força de memória de forma, mais de 8%) e pseudoelasticidade (depois de sofrer tratamento termo-mecânico apropriado) (Maeshima et al). Além dessas, os SMA de NiTi possuem outras boas propriedades, como alta ductilidade, óptima resistência a corrosão, biocompatibilidade (com potencial uso na área médica), alta resistência eléctrica e capacidade de amortecimento. (Otsuka e Ren, 2005)

As propriedades mecânicas das ligas metálicas a base de NiTi são principalmente determinadas pela sua composição e são muitos os factores a influenciar as características de transformação dos SMAs de NiTi: o conteúdo de níquel, tratamento termo-mecânico, ciclo térmico, adição de elementos metálicos ternários envelhecidos e técnicas de processamento (Nurveren et al, 2008). Para melhorar algumas propriedades das ligas metálicas à base de níquel-titânio, pequenas quantidades de outros elementos podem ser adicionadas a esta liga, como por exemplo o cobre (Cu) e o ferro (Fe) que reduzem a curva histerese e o nobium (Nb) faz aumentar a temperatura *Austenite* final (Boussu e Petitniot, 2006).

3.2.8. SMA – FABRICO

Os SMAs podem ser fabricados de variadas formas e com variadas temperaturas de transformação. Estes podem ser fabricados em forma de: filamentos, revestimentos, barra, fios, tubos e *foil* (fig. 3.5). Após a formulação do material este é fundido em vácuo, a 1400°C a fim de garantir a qualidade, pureza e as propriedades pretendidas do material. Após a fusão inicial, a temperatura de transição da liga metálica deve ser controlada devido a pequenas mudanças na composição química da liga metálica. Depois, o SMA é manipulado ou laminado a elevadas temperaturas, 800°C onde o SMA pode ser facilmente trabalhado. As definições finais com as propriedades mecânicas e físicas desejadas são obtidas pelo tratamento térmico adequado. Depois da manipulação dimensional, o SMA pode receber tratamento de superfície contra corrosão e alterações nas temperaturas de transição, a alternar a composição da liga metálica. O meio mais exacto de medir as temperaturas de transição é o DSC (Differential Scanning Calometry) (Buehler e Wang, 1967, Andreasen *et al.* 1987).



Fig. 3.5 - Formas de fabricação das ligas metálicas com memória de forma (Products Overview Memory Metalle 2008).

3.2.9. SMA – APLICAÇÃO

A primeira aplicação industrial dos SMA que obteve sucesso foi no ano de 1970, com a demonstração de memória de forma utilizada num tubo para ser usado em um caça F-14 das forças armadas dos Estados Unidos (Wu e Schetky 2000). Desde a primeira utilização do SMA, houveram milhares de patentes, porém poucas com sucesso comercial, possivelmente devido a difícil processabilidade do material que implica a produção industrial em larga escala. A maior área de expansão dos SMA é a medicina, como a área da ortodontia, dispositivos para telecomunicação e sector

automóvel, contudo está a ser usado cada vez mais em produtos de uso diário, inclusive na área têxtil e do vestuário.

3.3. Os SMA NA ÁREA TÊXTIL – ESTADO DA ARTE

Os SMA têm sido utilizados na área têxtil devido ao seu carácter de aplicação funcional e estético. A processabilidade dos SMA na área têxtil é dependente de um conjunto de factores para que seja efectuada de forma positiva. Tais factores são a flexibilidade do fio (necessária para que este possa ser tecido) e a programação do fio, ou seja, treinar o material para que o mesmo possua SME (Stylios, 2007). Esta última exige condições em altas temperaturas, 550°C, que deve ser feita antes de ser incluída no coração do fio, (os fios convencionais não tem resistência térmica suficientes para serem processados junto aos fios de SMA devido às altas temperaturas necessárias para a programação do fio), alguns autores ainda aconselham a programar o material em uma atmosfera inerte (Chan e Stylios, 2003). A fim de melhorar a processabilidade do material, podem ser incorporados em conjunto com o fio de SMA outros fios que permitam melhorar a processabilidade do material. Quando a programação do fio é feita a 550°C estes fios de fibras naturais desaparecem, permitindo obter uma estrutura tridimensional apenas com o material SMA. (Laschuk e Souto, 2008b).

3.3.1. APLICAÇÃO FUNCIONAL DE SMA

Os SMA têm encontrado aplicação funcional na área têxtil e do vestuário devido às propriedades e capacidades mecânicas e térmicas do material e o seu carácter responsivo. Muitas são as aplicações a que se pode dar a estes materiais e seu principal foco funcional tem sido o vestuário de protecção. Um laboratório francês, o GEMTEX tem desenvolvido tecidos de SMA (fig. 3.6), principalmente com ligas metálicas de NiTi. Graças à composição do fio de SMA tanto na teia como na trama ser 100% níquel e titânio, diferentes propriedades foram evidenciadas, como a capacidade de amortecimento (Joly e Petitniot, 1999) e o efeito de pseudoelasticidade (Boussu e Petitniot, 2002). A utilização deste tipo de tecido é principalmente na balística, pois a sua estrutura possui propriedades de amortecimento, resistência e elasticidade, factores importantes no comportamento do material utilizado para este fim. Outros fios podem ser misturados na tecelagem de SMA para fins balísticos, como por exemplo o Kevlar

a fim de desenvolver um tecido com resistência a impactos de alta velocidade.

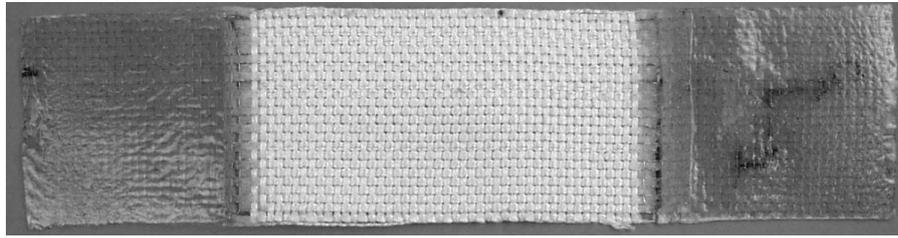


Fig. 3.6 - Tecido SMA de NiTi da francesa GEMTEX (Boussu, F. & Petitniot, J., 2006, p.7)

A figura 3.7 ilustra a superfície do fio de SMA utilizado na confecção do tecido pela GEMTEX com a técnica AFM (Atomic Force Microscope), que mostra o fio de SMA em um primeiro momento sem processamento em tear e sem deformações no fio, e na imagem seguinte ilustra pequenas deformações longitudinais causadas pelo processamento do fio.

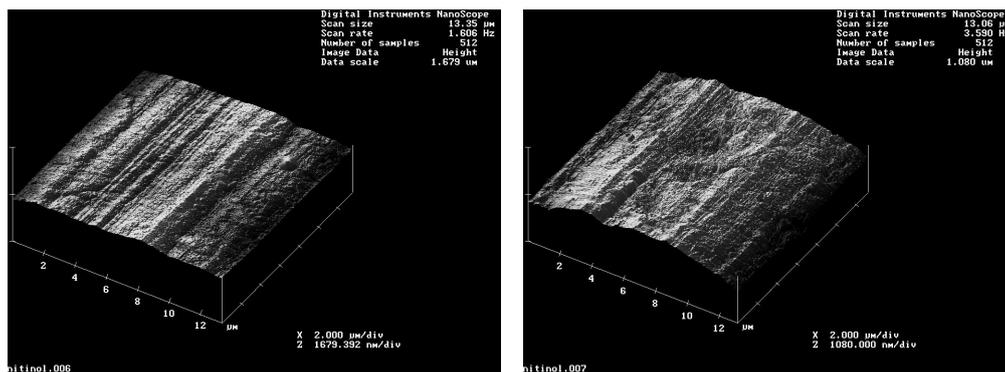


Fig. 3.7 - Observação tridimensional antes e após processamento têxtil (Boussu, F. & Petitniot, J., 2006, p.5).

Os SMA são também utilizados em roupas de protecção contra o fogo e em roupas termicamente activadas. O método de isolamento que foi desenvolvido no “*Defence Clothing and Textiles Agency, Science and Technology Division*”, permite protecção contra chamas e calor excessivo. A figura 3.8 ilustra o sistema da mola que deve proporcionar isolamento necessário para garantir o conforto termofisiológico do usuário. O SMA é concebido em forma de mola cônica com temperatura de transição de 50°C, que será colocado entre duas camadas de tecido. A utilização de SMA no isolamento térmico é baseada na ideia de que os SMA possuem duas fases em diferentes temperaturas. A mola se expandirá quando o usuário for sujeitado ao calor intenso, formando uma camada de ar isolante de no máximo 35mm (Congalton, 1999).

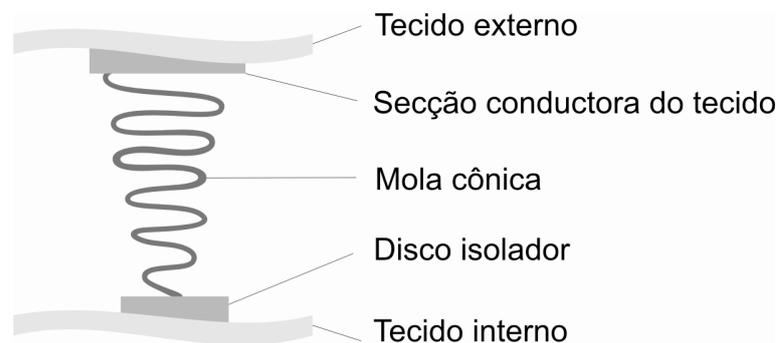


Fig. 3.8 - Esquemática da mola de SMA entre duas camadas de tecido (Congalton, D., 1999, p. 225)

As atribuições funcionais ao vestuário através do SMA vão além do vestuário de protecção. A gigante da tecnologia PHILIPS, continua a apostar no desenvolvimento de novas tecnologias na área têxtil. Após o desenvolvimento da jaqueta ICD em parceria com a PHILIPS (fig. 2.8) e o tecido Lumalive, a PHILIPS lançou em março de 2007 o que parece ser um tecido realmente inteligente e que pode revolucionar o vestuário. O conceito da roupa é feito a partir de um tecido criado com fios de SMA o que ela designa como *metal muscles* que através de uma pequena corrente eléctrica muda a forma, o estilo e o tamanho da vestuário. Ao vestir uma roupa desenvolvida pela PHILIPS, o usuário activa os estímulos eléctricos que farão com que o vestuário altere o comprimento dos fios. Quando a roupa se ajusta à forma desejada e na medida pretendida, o usuário simplesmente desactiva a corrente eléctrica e a roupa permanece na forma e medida desejada (Mullins, 2007).

Para além da aplicação dos SMA no vestuário devido ao seu comportamento de memória de forma, a propriedade de pseudoelasticidade tem sido utilizada no vestuário de roupas íntimas. A *lingerie* feminina que tem como requisitos a estética e a funcionalidade, adoptou em sua estrutura o SMA no aro que fica abaixo da copa. O aro de SMA foi pela primeira vez utilizado no Japão e hoje está a se expandir e a atingir um grande espaço no mercado global do vestuário. A aplicação do SMA tem a vantagem deste ser resistente às deformações que podem ocorrer durante a lavagem e secagem. A figura 3.9 mostra a variedade de aros de SMA existentes (Wu e Schetky, 2000).

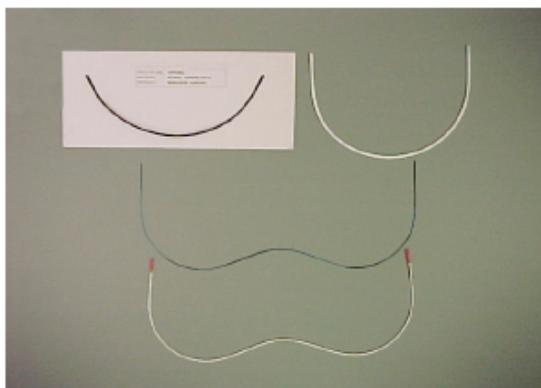


Fig. 3.9 - Variedade de aros para *soutien* de SMA (Wu, M.H. e Schetky, L.M., 2000, p.3)

3.3.2 APLICAÇÃO DE SMA NA ÁREA DA MODA

O uso de SMA começou a encontrar aplicações na área da moda, com o desenvolvimento de uma camisola com ligas metálicas com memória de forma de NiTi, pelo laboratório de moda italiano Corpo Nove. Através da Grado Zero, com o auxílio do Programa de Transferência de Tecnologia ESA, a tecnologia dos SMA foi transferida para a área têxtil, no tecido que é designado por Oricalco (fig. 3.10a) (Grado Zero Space 2008). Este é o primeiro tecido no qual a tela de SMA foi tecida ortogonalmente, o que significa que o Oricalco é o primeiro tecido com capacidades de memória de forma criado industrialmente, o tecido é feito a partir de fibras de SMA, intercaladas com *nylon* (Clowes, 2001) e é lavável e não alérgico. Devido às suas capacidades de memória de forma, além de nunca precisar ser passada a ferro, a camisola é programada para que quando a temperatura ambiente aqueça, suas mangas encurtem. Segundo Susan Clowes, a projectista da camisola, “mesmo que a camisa seja amassada, plissada, um sopro de um secador de cabelo faz com que a camisola volte a sua forma plana” (fig. 3.10b) (Marks, 2001, p. 24).



Fig. 3.10a - Camisola concebida com o tecido Oricalco – Corpo Nove (Braddock, S.E. & Clarke, M.O., 2005, p.135)



Fig. 3.10b - Transformação do tecido amassado para liso (Oricalco – Shape memory 2008)

A inclusão de SMA no vestuário se dá também através da sua incorporação em fios. Winchester e Stylios em 2003 produziram fios de SMA juntamente com outros fios convencionais, como Tencel®, poliéster, viscose e poliamida. Dois factores importantes foram levados em consideração na obtenção da mistura entre os dois tipos de materiais. O primeiro foi a quantidade necessária para se obter o recobrimento do filamento de SMA e o segundo factor tem em conta a composição do fio, que deveria ser apropriada para utilização no vestuário. O design dos fios permitiu a criação de alternância na luz e na cor, criando efeitos visuais, sempre que o SME ocorresse (fig. 3.11) (Winchester e Stylios, 2003).

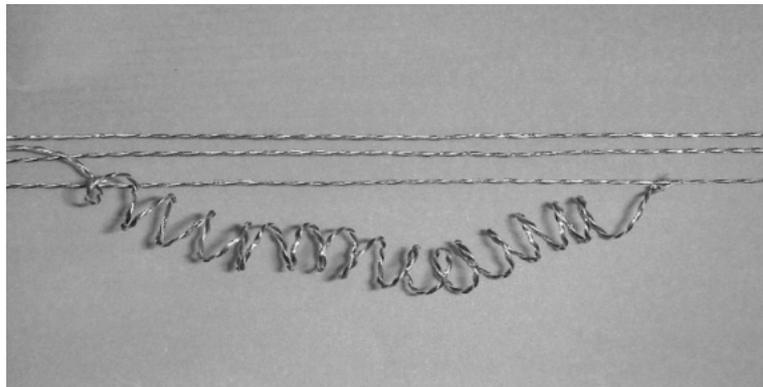


Fig. 3.11 - Efeitos de reflexão da luz (Winchester, R. C.C. & Stylios, G. K. 2003, p. 362)

A partir da criação destes fios, Winchester e Stylios, criaram estruturas em malharia. O SME, cria além de efeitos decorativos, diferentes características estéticas no mesmo tecido. A figura 3.12a mostra um tecido baseado em SMA que a partir do momento em que o SME ocorre, transforma o tecido em uma estrutura tridimensional. A figura 3.12b mostra um tecido que já tem uma estrutura tridimensional de meia-lua, porém quando o SME ocorre, a meia-lua se transforma numa forma circular cheia. A figura 3.12c mostra um tecido que foi projectado para que o SMA responda a diferentes variações na temperatura ambiente, proporcionando várias formas segundo diferenças no SME.



Fig. 3.12 a



Fig. 3.12 b



Fig. 3.12c

Fig. 3.12a - Estrutura tridimensional

Fig. 3.12b - Estrutura tridimensional em meia-lua

Fig. 3.11c - Diferentes efeitos conforme a temperatura do ambiente (Winchester, R.C.C. & Stylios, G. K. 2003, p. 364)

Após ensaios em tricotar os fios de SMA em tear de malharia, muitas dificuldades foram encontradas, devido a falta de extensibilidade e à facilidade de deformação que o material possui. Sendo

assim, o método mais apropriado para a introdução do material SMA em estruturas e malhas é introduzi-lo em áreas específicas do tecido.

Em uma investigação de têxteis inteligentes baseados em SMM, Vili desenvolveu uma variedade de fios de SMA (fig. 3.13) juntamente com fios convencionais como algodão, viscose, lã, poliéster, nylon e lurex (estes são incorporados após a programação do fio). Os fios convencionais têm o propósito de tornar o fio de SMA mais compatível ao processamento do fio no tear.

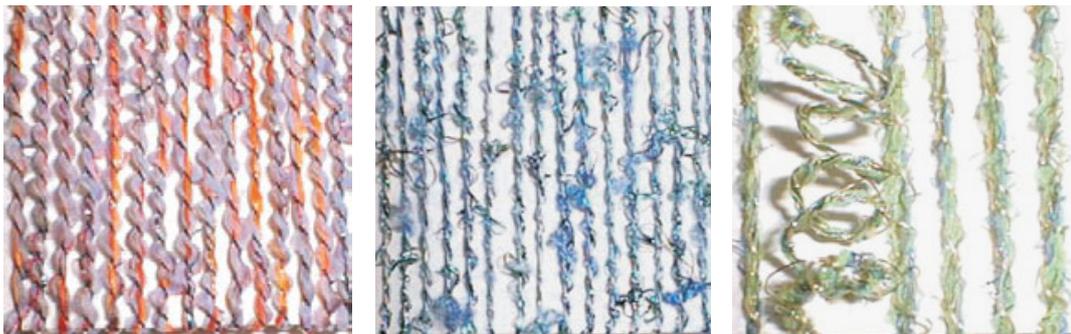


Fig. 3.12 - Fios de SMA misturados com uma variedade de fios convencionais (Vili, Y.Y.F.C., 2007, p. 293)

Ao contrário de Winchester e Stylios, que colocaram o SMA no coração do fio, Vili desenvolveu o fio de maneira que o fio de SMA ficasse na parte externa da estrutura do fio e não na parte interna. Os resultados são fios com boa estabilidade dimensional. Diferenças na velocidade de enrolamento dos fios podem proporcionar diversas superfícies, desde volumosas a lisas.

A partir da criação dos fios, Vili desenvolveu tecidos planos com transparências para fins de decoração de interiores com efeitos tridimensionais ondulados. Quando o tecido é estimulado pelo calor, os fios se contraem criando efeitos tridimensionais cada vez mais profundos (fig. 3.14).

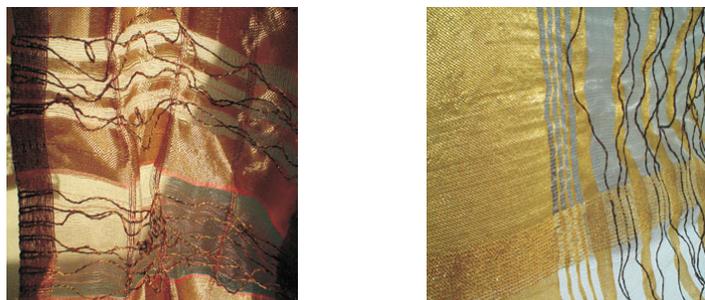


Fig. 3.13 - Efeitos tridimensionais criados com fios de SMA para fins decorativos (Vili, Y.Y.F.C., 2007, p. 297)

Além da criação de efeitos diretamente nos fios, os SMA também são utilizados na incorporação em lugares específicos das roupas, um exemplo deste tipo de aplicação, foi feita pelo designer de moda Hussein Chalayan. Com a sua habilidade de sempre surpreender na construção e na utilização de tecnologias em suas roupas criou na sua colecção primavera/verão 2000, chamada: *Before Minus Now* um vestuário com mudança de forma. Um fio de SMA electricamente activado foi costurado na barra da saia. Ao activar o fio com estímulos eléctricos, a barra da saia muda de forma, aumentando o volume do ondulado (Fig. 3.15a e 3.15b) (Lee, 2005).



Fig. 3.15a



Fig. 3.15b

Fig. 3.15a – Vestido sem ser electricamente activado

Fig. 3.15b - Vestido após posterior activação e o efeito da saia ondulada. (Lee, S., 2005, p.134)

Sete anos mais tarde, na sua colecção primavera/verão 2007 *One Hundred and Eleven*, Hussein Chalayan surpreendeu novamente as passarelas de Paris com a utilização de SMA no design de moda, com uma variedade de cinco modelos, que tem como características o movimento, a contracção e a expansão. Fechos éclair que se abrem, partes do vestido que se recolhem, saias que diminuem de comprimento. Quando um estímulo eléctrico é aplicado, a roupa “relembra” a forma que foi memorizada. A aplicação de diferentes estímulos eléctricos possibilita a criação de diferentes formas. A figura 3.16 demonstra a evolução do efeito de memória de forma criado a partir deste estímulos, proporcionando uma variação de diferentes cumprimentos na saia do vestido. A figura 3.17 ilustra o abrimento do fecho éclair de uma jaqueta. (Shape memory alloys clothing n.d.). O sistema desenvolvido

para proporcionar tais características foi desenvolvido pela empresa de engenharia e criação em design 2D3D.



Fig. 3.14 - Variação de comprimentos da saia no vestido (One Hundred and Eleven Collection 2008)



Fig. 3.17 - Abrimento do fecho éclair de um casaco (One Hundred and Eleven Collection 2008)

A designer têxtil holandesa, Marielle Leenders, desenvolveu os *moving textiles*, que reagem às mudanças na temperatura fazendo com que se desloquem e mudem de forma, os tecidos ilustrados na figura 3.18 foram criados a partir de diferentes técnicas e tecidos (Moving Textiles n.d.). Os tecidos incorporam fios de SMA que mudam de forma quando a temperatura ambiente aproxima-se de 35 a 40°C. O SMA utilizado é de SME simples, o que significa que no momento em que a temperatura ambiente diminuir, o tecido não voltará ao lugar. Segundo a designer, “os tecidos criados podem ser

utilizados em muitos produtos, na área têxtil, como por exemplo numa camisola”. A camisola referida por Marielle ilustra a utilização de um dos tecidos criados em uma camisola que tem seu comprimento diminuído a partir do momento em que a temperatura aumenta (fig. 3.19). (Shape Memory Textiles n.d.)



Fig. 3.18 - Moving textiles (Moving Textiles n.d.)



Fig. 3.19 - “Moving Textiles” por Marielle Leenders 2000 (Marielle Leenders Moving Textiles n.d.)

Graduada pela Central St. Martins School of Art and Design em Londres, Di Mainstone é conhecida pela sua habilidade de combinar tecnologia e moda. Actualmente trabalha no XS Labs, um estúdio de pesquisa, onde com a colaboração de Joanna Berzowska, criou uma colecção chamada “Scorpions”. O projecto Scorpions baseia-se em uma variedade de roupas que utilizam SMA a fim de

mudar a forma ou o visual da roupa através de reacções do usuário ou do meio ambiente. (Scorpion Tales – Xs Labs 2006) A figura 3.20 mostra a sequência de um dos modelos, o “SKWRATH” feito em couro branco no tecido externo e em seda vermelha no forro. A parte superior possui três “pétalas” com integração de SMA na parte interna, que são activadas através de estímulos eléctricos que fazem contrair e expandir a fim de que a seda vermelha, que está na parte inferior da “pétala” apareça. Este mesmo mecanismo é aplicado na parte superior da peça. (SKWRATH 2008)



Fig. 3.20 - Projecto Skorpions por Di Mainstone e Joey Berzowska - XS Labs 2006 (SKWRATH 2008)

Ainda no XS Labs, a designer Joanna Berzowska utilizou novamente SMA para criar efeitos estéticos em vestidos. Desta vez Joanna criou dois vestidos, o “Kukkia Dress” e o “Vilkas Dress”. O “Kukkia Dress” é decorado com três flores, que abrem e fecham num intervalo de 15 segundos. As flores são construídas em feltro e seda, integrados com fios de SMA costurados. Quando as pétalas são aquecidas, o fio encolhe e as pétalas se juntam, fechando a flor. Ao arrefecer, a rigidez do feltro contrabalança com a forma do fio, permitindo que a flor se abra, (ver sequência na fig. 3.21) (Kukkia Dress 2006). O efeito adoptado no “Vilkas Dress” acontece na barra da saia. Uma vez que o NiTi é aquecido, num intervalo de 30 segundos, o canto direito da barra da saia sobe, mostrando o joelho. O vestido é construído em feltro, sendo que a parte amarela do vestido, que se contrai, é feita em algodão. A barra do vestido possui autonomia, isto é, ergue-se ao responder a um estímulo externo, não sendo influenciada por estímulos eléctricos (fig. 3.22). A autonomia do vestido pode causar embaraço por parte do usuário, pois a saia pode erguer-se em situações sociais não desejáveis (Vilkas Dress 2006).



Fig. 3.21 - Kukkia Dress por Joey Berzowska – XS Labs 2006 (Kukkia Dress 2006)



Fig. 3.22 - Vilkas Dress por Joey Berzowska – XS Labs 2006 (Vilkas Dress 2006)

A introdução dos materiais com memória de forma no vestuário de moda e de protecção abre um mundo de possibilidades criativas para o design de novos produtos. A exploração deste material e consequente aplicação ao vestuário serve como solução para vários problemas e necessidades encontradas no consumidor actual.

A partir do estado da arte realizado sobre os *shape memory materials*, bem como o estudo das suas propriedades, como por exemplo, as propriedades de memória de forma e pseudoelasticidade dos SMA, identificou-se uma oportunidade a ser explorada, a aplicação de *shape memory alloys* ao vestuário de moda íntima, especificamente o *soutien*. Neste contexto, inicia-se o processo de desenvolvimento de um novo produto, através do processo de design, com o desenvolvimento de uma copa inteligente com propriedades de memória de forma, a fim de resolver o problema de conservação da sua forma

tridimensional que é danificado aquando do seu armazenamento e quando sujeito a ser transportado em viagens.

Cap. IV

:

Desenvolvimento do novo produto

“O **processo** de design começa na proposição de um **objecto** *imaginário* e culmina na **realização** de um objecto material: nasce de uma **ideia** e se concretiza numa **forma**.”

Andrea Saltzman, O design Vivo

4. DESENVOLVIMENTO DE UM NOVO PRODUTO: A METODOLOGIA DO PROCESSO DE DESIGN E APLICAÇÃO DE TÊXTEIS INTELIGENTES A PRODUTOS DE MODA.

O processo de design consiste numa serie de etapas que servem para desenvolver um novo produto da forma mais coerente e criativa possível. A palavra design descreve tanto o processo de criação, que é a elaboração, concepção e especificação de um produto, orientado por um objectivo ou resolução de um problema, como também designa o produto deste processo de criação. O design possui um papel chave no desenvolvimento de novos produtos, serviços e sistemas em resposta às condições e oportunidades do mercado, e tem se tornado uma função crítica e estratégica nas organizações actuais. A necessidade pelo conhecimento, a habilidade de planear, criar e inovar têm se tornado cada vez mais importantes no mercado actual. (Best, 2008, Zhang, 2004).

No design do vestuário, constata-se que moda e design estão cada vez mais próximos. A moda está cada vez mais inserida no design de produtos e o inverso também se verifica. A moda se relaciona com a alteração de colecção a cada estação, aos desfiles, às observações de tendências, ao *zeitgeist* e à estética dos produtos. Enquanto que o design se relaciona também com a parte estética do produto, mas sobretudo à funcionalidade e estrutura do mesmo, preocupa-se com a identificação das necessidades do consumidor e do produtor, a fim de desenvolver um produto que idealize da melhor forma processos, custos e materiais. A partir da junção destes dois conceitos moda e design, surge o conceito de design de moda.

O design de moda, que é uma das áreas do design que tem como o objectivo o desenvolvimento do vestuário que leva em consideração características culturais, tecnológicas e mercadológicas da moda, tem se utilizado da criatividade e da inovação a fim de gerar e explorar novas ideias na aplicação de têxteis inteligentes ao vestuário. Designers de moda têm solucionado problemas existentes, assim como, têm descoberto novas oportunidades através da utilização destes novos tecidos. Para tal, o designer de produtos de moda une a criatividade e a inovação, a fim de tornar ideias inovadoras e criativas em algo tangível.

Quando o vestuário evolui e passa ao patamar de vestuário inteligente, o envolvimento dos designers no desenvolvimento de novos produtos aumenta, exigindo-se um conhecimento das propriedades dos materiais têxteis assim como sobre as estruturas têxteis em que se pode processar o material. A construção têxtil em termos de aparência e função varia de acordo com a necessidade a que

se destina o produto. A aparência do produto, influenciada pela moda e pela cultura dos consumidores finais, é um importante elemento para ter em consideração no seu desenvolvimento.

Além dos conhecimentos técnicos têxteis é preciso um certo entendimento ou pesquisa sobre as necessidades fisiológicas e psicológicas do ser humano em relação ao seu bem-estar e conforto, como por exemplo, a respirabilidade do tecido, a forma e execução de movimentos. (McCann, 2005).

Entender as necessidades do ser humano é um dos mais importantes métodos para as empresas modernas irem de encontro com os desejos do consumidor e estarem a frente da concorrência no mercado. Durante o processo de compra os consumidores avaliam o apelo do vestuário como um todo. O julgamento de toda a aparência da roupa vem de uma experiência complexa que envolve a integração de experiências individuais. O processo envolve muitos factores individuais tais como as propriedades físicas das roupas, características fisiológicas dos compradores, suas experiências de uso a nível social e económico, assim como também experiências do passado. Estas não podem ser experimentadas sem a exposição a uma combinação de actividades físicas, condições ambientais e status psico-fisiológico do usuário.

Com tantos aspectos a serem abordados e reflectidos em um único produto, um briefing claro e compreensível sobre o desenvolvimento do produto têxtil inteligente, que considere as necessidades dos consumidores finais, é essencial na pesquisa e no desenvolvimento do mesmo.

4.1. BRIEFING

O briefing inspira e motiva a criação de produtos que satisfaçam os requisitos do mercado. O briefing inclui necessidades específicas do projecto, como definição do público-alvo, e especificações do produto, metas e propósitos. Além de definir melhor o conceito do produto, o briefing ajuda a melhor definir as etapas do processo de design.

O objectivo deste trabalho, a aplicação de têxteis inteligentes a produtos de moda, seguirá o processo de design de um novo produto. A aplicação do tecido inteligente não se limita simplesmente à “aplicação” do mesmo, mas ao processamento de um material inteligente, o fio de SMA de NiTi que requer tratamento térmico, e o processamento têxtil adequado.

4.1.1. DEFINIÇÃO CLARA DO PROBLEMA E CONCEITO A EXPLORAR

Problemas em relação ao aspecto amassado do *soutien* não são novidade. Tais problemas que podem estar relacionados à forma de armazenamento em malas, ou mesmo em gavetas, bem como por lavagens que acabam por gerar mau aspecto e diminuem o ciclo de vida útil do *soutien*. Não é por acaso que as etiquetas de lavagens, recomendam a lavagem à mão do mesmo. E se os *soutiers* tivessem a vida útil das copas aumentadas, além de adquirirem melhorias na sua aparência amassada, tendo-o sempre liso mesmo quando armazenado em más condições, para tal bastando apenas colocá-lo junto ao corpo da utilizadora? Este será o conceito a explorar na copa do *soutien*. A aplicação de *shape memory alloys* adicionando à copa o comportamento de memória de forma ou pseudoelástico. A seguir à definição do conceito, o próximo passo é explorar problemas existentes em relação ao conforto e a funcionalidade das copas existentes no mercado.

4.1.2. PONTOS CHAVES DO PROJECTO

- Têxteis inteligentes;
- Funcionalidade;
- Estética;
- Conforto;
- Vestuário;
- Ergonomia;
- Desempenho;
- Valor acrescentado.

4.1.3. METAS E PROPÓSITOS

- A aplicação de SMA à copa do *soutien*;
- Levar em consideração as necessidades fisiológicas e psicológicas das consumidoras actuais, antes do processo de elaboração da copa do *soutien*;
- Executar a prototipagem de uma peça de vestuário;

- Unir valores funcionais e estéticos num mesmo produto, através da aplicação de um tecido inteligente a um produto de moda.

4.1.4. PÚBLICO-ALVO

O público-alvo a que se destina o produto de vestuário a ser idealizado e desenvolvido é a mulher que busca produtos com grande valor acrescentado, que possuam além de valores extrínsecos, relacionados à estética, valores intrínsecos, relacionados ao desempenho, conforto e à funcionalidade. Valores estes que os produtos tradicionais de moda íntima, que estão disponíveis nos mercados pouco possuem de uma forma conjugada.

4.1.5. ESPECIFICAÇÕES E EXIGÊNCIAS FUNCIONAIS

O produto a ser desenvolvido utilizará *shape memory alloys* para o seu desenvolvimento e prototipagem, porém abre espaço também à combinação de têxteis avançados com os têxteis inteligentes a fim de adicionar valor ao produto e melhorar as suas propriedades e conforto. O substrato têxtil deve ser adequado, ou adequar-se ao uso a que está a ser testada a sua aplicabilidade, que neste caso é a sua aplicação no vestuário de moda íntima. Tal produto têxtil deve ser aplicado dentro dos padrões antropométricos existentes no mercado.

4.1.6. ESTÁGIOS DO PROJECTO PARA O DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO

O projecto executado seguiu uma sequência que pode ser visualizada no fluxograma da figura 4.1. As etapas 1 (pesquisa sobre têxteis inteligentes) e 2 (estudo sobre a aplicação de têxteis inteligentes a produtos de moda) foram abordadas no capítulo 2, e a etapa 3 (estudo sobre os aspectos do material) e 4 (estado da arte dos SMA) foram abordadas no capítulo 3. As etapas 1 e 2 focaram a pesquisa sobre o mercado de têxteis inteligentes actual, suas diferentes funcionalidades e aplicações, bem como as perspectivas de mercado, analisando o que está a ser comercializado e o que está a entrar no mercado, bem como a aplicação de tais tecnologias a produtos de moda. Nesta etapa verifica-se uma oportunidade de mercado pouco explorada que são os materiais com memória de forma, os SMM.

Após a pesquisa sobre têxteis inteligentes e a oportunidade encontrada nos SMM no capítulo 2 onde se realizam as etapas 1 e 2 é realizado um estudo comparativo entre os dois materiais bem como uma pesquisa sobre a disponibilidade do material no mercado a fim de verificar a possibilidade de compra para futuras aplicações. Posto a impossibilidade de compra e difícil acesso dos fornecedores do SMP, o material a ser trabalhado é o SMA de NiTi em forma de fios a fim de manipular o material em processos têxteis. Após a escolha específica do material, é realizado um estudo sobre as propriedades físicas e mecânicas, e seu mecanismo de funcionamento (etapa 3). Num segundo estágio, no estado da arte, é feito um apanhado sobre o que existe de produtos na área do vestuário e têxtil desenvolvidos com SMA (etapa 4), a partir da relação do que já foi executado na área foi identificado o vestuário de moda íntima em específico o *soutien* para a criação de um novo produto.

Na etapa 5 verifica-se o processo de design do produto. Em um primeiro estágio deste processo realiza-se a fase de preparação, com um estudo sobre o histórico do produto a ser criado, a fim de tomar conhecimento sobre o que já foi desenvolvido, materiais utilizados, e perspectivas de mercado, assim como as necessidades do consumidor em relação ao conforto psicológico e fisiológico a que se direcciona o produto e uma pesquisa observatória sobre os produtos existentes no mercado. A seguir a preparação, segue-se para o processo de incubação, onde uma série de ideias são geradas. Posterior a incubação, a experimentação do material se torna importante a fim de verificar o que é possível ser realizado e assim seleccionar a ideia a ser desenvolvida. Após a selecção de ideia, elabora-se um croqui a fim de fundamentar as ideias geradas e seleccionadas, assim como explorar formas de processar o material e modelar a peça. Após a idealização do que será desenvolvido, é que se inicia a fase de prototipagem do produto. O material será processado em malha e tear rectilíneo e posteriormente será aplicado tratamento térmico ao substrato têxtil, que a seguir será submetido a testes de funcionalização. Por fim a mesma será aplicada a uma peça de *soutien* com características de moda, e posterior ainda se realizarão testes com utilizadora e uma breve reflexão sobre a sustentabilidade.

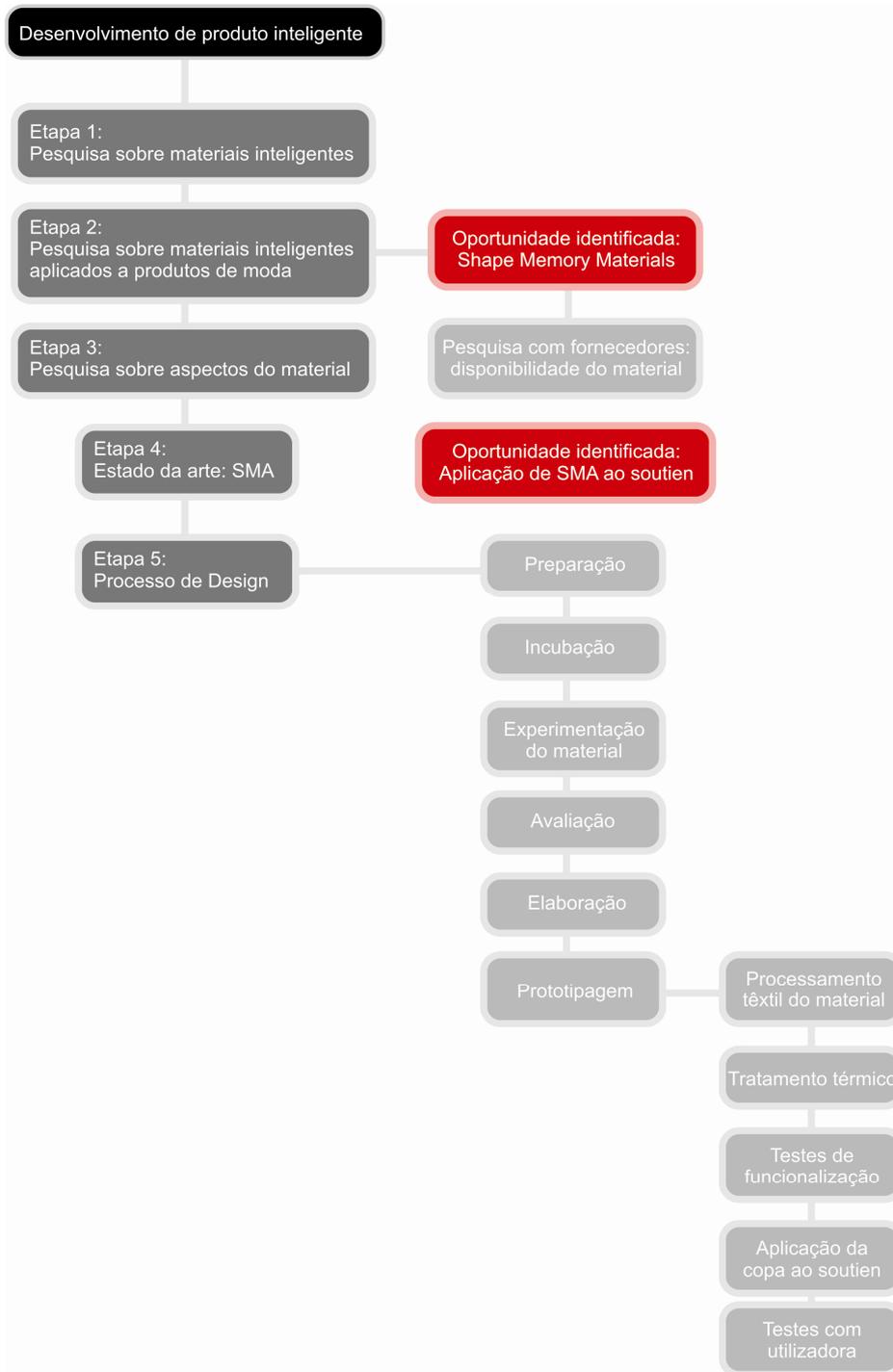


Fig. 4.1 - Fluxograma do desenvolvimento do novo produto (Ilustração da autora)

4.2. PROCESSO DE DESIGN

O processo de design é um processo que envolve criatividade e pesquisa. Para que se possa executar uma ideia ou gerá-la é necessário uma série de informações sobre o público a que se quer atingir, assim como o histórico do que já foi feito na área e o que pode ser melhorado. A pesquisa fornece para além de informações técnicas necessárias para o desenvolvimento, perspectivas sobre uma série de desafios a serem enfrentadas ao longo do processo. O processo de design de produto de vestuário inteligente foi desenvolvido baseado na metodologia do processo criativo de design do produto, de Csikszentmihalyi (1997) adicionando ao processo a etapa de experimentação do material inteligente:

1. **Preparação** – representa a imersão em uma série de problemáticas de cunho interessante e curioso;
2. **Incubação e Introspecção** – ideias são misturadas e conexões não usuais são feitas e peças do quebra-cabeças começam a se encaixar;
3. **Experimentação do material** – conhecimento prático do material;
4. **Avaliação** – decisão de qual ideia possui maior aplicabilidade;
5. **Elaboração** – tornar a ideia seleccionada em algo real através de desenhos;
6. **Prototipagem** – transformar os desenhos em algo tangível;

4.2.1. FASE DE PREPARAÇÃO

É importante que na fase de preparação se faça um estudo a cerca do histórico da *lingerie* assim como um estudo sobre os requisitos necessários para a elaboração do produto a partir das necessidades psico-fisiológicas dos usuários de roupa íntima e que serão indispensáveis para o processo de design, assim como um estudo aprofundado sobre as qualidades técnicas do *soutien*, bem como uma pesquisa observatória dos produtos existentes no mercado a fim de verificar possíveis problemas ou pontos a serem melhorados.

4.2.1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO: A LINGERIE ATRAVÉS DOS TEMPOS

A história da *lingerie* teve início com o *corset* (Kennet, 1983). A palavra “lingerie” tem origem francesa, e significa toda a peça feita em *linge*, que por sua vez são tecidos de algodão, linho, nylon, entre outros utilizados para o fabrico de roupas interiores. Hoje a *lingerie* está relacionada com roupas íntimas femininas, não importando a cor ou matéria-prima. O uso de *lingerie* envolve aspectos de sensualidade, erotismo e até mesmo fetichismo (Braga, 2006).

Um dos primeiros registos do uso de *lingerie* de duas peças, que cobrem os seios e o órgão genital feminino datam de III d.C., em um mosaico romano de uma vila em *Piazza Armerina*, em Sicília (fig. 4.2a) (Laver, 2005). Já na idade média o ideal feminino de beleza era ter o ventre saliente e arredondado e o busto miúdo. No renascimento (séc. XVI) surge o *corset*, que afunilava e evidenciava a cintura feminina (fig. 4.2b). O *corset*, que teve o seu uso afirmado no século XIX (fig. 4.2c), deixava a cintura cada vez mais estreita, chegando ao seu limite com o uso do espartilho. A silhueta feminina era curvilínea, reflexo das curvas estilo *Art Nouveau*, estética predominante da época (Braga, 2006). A primeira Guerra Mundial trouxe à mulher a sua emancipação. Estas deixam de usar o *corset*, e começam a utilizar a cinta-liga, e os achatadores de seios, proporcionando ao corpo um aspecto cilíndrico. O uso de peças íntimas separadas entra em cena após a queda do espartilho.



Fig. 4.2a



Fig. 4.2b



Fig. 4.2c

Fig. 4.2a - Mosaico romano em Sicília (Laver, J., 1999, p. 40)

Fig. 4.2b - Corset em armação de metal ano de 1580 (Fukai, A. et al., 2006, p. 15)

Fig. 4.2c - A afirmação do uso do corset no século XIX. (Fukai, A. et al., 2006, p. 270)

4.2.1.1.1. O PRIMEIRO *SOUTIEN*

A utilização da *lingerie* em duas peças teve sua confirmação após a queda do espartilho depois da Primeira Guerra Mundial, porém foi no final do século XIX, que começam os primeiros ensaios do que viria a ser o *soutien*. O primeiro *soutien* foi criado em 1889 precisamente na França por Eminie Cadole, numa tentativa de oferecer às mulheres mais conforto em relação aos espartilhos, o modelo do *corselet* tradicional foi cortado em dois (fig. 4.3) e era a base de algodão e seda, semelhante aos modelos actuais. O modelo inventado por Cadole foi inicialmente chamado de “corselet gorge”. (Cadolle Story 2001)

Os primeiros ensaios sobre a criação de um *soutien* foram criados por Cadole, porém o primeiro *soutien* a ser patenteado foi o *soutien* desenvolvido pela nova-iorquina Mary Phelps Jacob em 1913 (fig. 4.4a e 4.4b). O modelo foi concebido a partir de uma situação acontecida com a própria criadora. Ao comprar um vestido transparente, Mary tinha como única opção a utilização de um *corset* com os arames de ferro visíveis que poderiam danificar a aparência do vestido. Foi então que Mary fez um *soutien* com dois lenços, um pedaço de fita cor-de-rosa e cordão. O sucesso do *soutien* criado começou a aumentar assim como os pedidos. Mary vendeu a patente para uma fábrica de roupas, a Warner Brothers Corset Company, por quinze mil dólares. A mesma patente rendeu para a Warner Brothers quinze milhões de dólares trinta anos mais tarde a partir da data da compra (Bellis, 2008).



Fig. 4.3



Fig. 4.4a

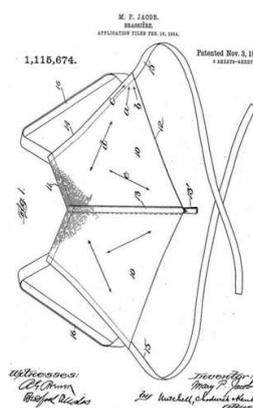


Fig. 4.4b

Fig. 4.3 - Corselet Gorge (Cadolle Story 2001)

Fig. 4.4a - Ilustração do modelo de Mary Phelps (The history of the Brassiere 2008)

Fig. 4.4b - Ilustração de modelo de *soutien* aberto (The history of the Brassiere 2008)

4.2.1.1.2. O *SOUTIEN* NO SÉCULO XX

Apesar das referências constarem que o primeiro *soutien* foi inventado por Cadolle, o primeiro *soutien* que chega ao alcance das mulheres é o inventado por Mary Phelps no início do século. Além dos advenços da guerra, que ajudaram no sucesso do *soutien* criado por Mary, a venda para a Warner Brothers concretizou o sucesso desta peça íntima que desde o início do século até os dias actuais está em contínua evolução.

A figura 4.5 ilustra a evolução da *lingerie* durante o século XX. Por volta da década de 20, o *soutien* destinavam-se a achatar o busto e não possuíam barbatanas. Por volta de 1925, os *soutiens* possuíam alças ajustáveis na frente e uma divisão entre os seios. No final da década de 20, a Kestos Company of America fabricou um *soutien* feito de dois pedaços triangulares de tecido, presos a um elástico que passava sobre os ombros cruzava nas costas e era abotoado na frente. Em fins da década de 20 e início de 30, o *soutien* ganhou barbatanas e diferentes tamanhos de copas, e em meados de 30 surge o *soutien* de barbatanas e sem alças. Os anos 40 presenciaram o surgimento do *soutien* com enchimento dando forma ao seio. A década de 50 tem caracterizado o *soutien* de seu formato exagerado, com armações em arames e copa costurada em círculos, nesta mesma década surge o *soutien* para adolescentes.

Na década de 50, Howard Hughes, construtor de aviões, inventou um *soutien* anatómico com aro de metal para sustentar os seios da atriz Jane Russell, o *soutien* ficou conhecido como *push up bra* (Fig. 4.6a). Foi na década de 60, que se assistiu a maior versatilidade de desenhos e o maior conforto para as mulheres, com a inserção de *lycra* nos tecidos utilizados para a manufactura dos *soutiens*. Foi nesta mesma década que as feministas queimaram os *soutiens* em praça pública a fim de expressar o desejo de mudança do papel da mulher na sociedade. Ainda na década de 60 presenciamos a influência da “*space age*”, que se mostrou muito forte no vestuário externo, como no figurino do filme *Barbarella*, em um *soutien* metalizado (fig. 4.6b). Já a partir dos anos 70, a moldagem de *soutiens* com fibras termoplásticas a altas temperaturas produz *soutiens* sem costura, inteiros (O’Hara, 1999). A década de noventa presenciou o surgimento da roupa com “aparência de *lingerie*” para a noite e acabou por ser popularizada por estrelas do rock como Madonna (Fig. 4.6c). Este tipo de roupa possui mensagem ambígua, pois ao mesmo tempo que parece vulgar, está muito bem protegida por espartilhos e barbatanas, a mesma protecção utilizada pelas mulheres vitorianas (Lurie, 1997).



Fig. 4.5 - A evolução do *soutien* durante o século XX. (Swedish Textile Museum – Borås)



Fig. 4.6a



Fig. 4.6b



Fig. 4.6c

Fig. 4.6a - Jane Russel (Dead or alive? Ten icons who are still with us 2008)

Fig. 4.6b - Barbarella (Barbarella: Hello Pretty Pretty 2008)

Fig. 4.6c - Madonna (Hauffe, T., 1995, p.164)

4.2.1.1.3. NOVOS TEMPOS E NOVAS TECNOLOGIAS À DISPOSIÇÃO DA MODA ÍNTIMA

A moda para a *lingerie* é expressada através de diferentes materiais, estampas cores e modelações. Desde as *lingeries* básicas até as mais sedutoras, utilizam-se de rendas, estampas listradas, florais, padrões de bichos, pedrarias. Em geral, a *lingerie* pode ser vestida com intuito de conforto ou adorno. É difícil conjugar as duas características devido ao processo de design e material envolvido em ambas. Por exemplo, o algodão, que é considerado um material que proporciona conforto, não é geralmente utilizado em *lingeries* sensuais e o mesmo acontece com as rendas que não são indicadas para o desenvolvimento de *lingeries* confortáveis.

A maioria das grandes marcas, possui uma divisão entre a *lingerie* do dia-dia, funcional e sexy. Grandes marcas como a Triumph, possui outras marcas como por exemplo, sloggi, BeeDees, Valisère e HOM. As subsidiárias Triumph possuem estilos e características diferentes: a sloggi se caracteriza por ser uma *lingerie* acima de tudo confortável para um público adolescente, já a Valisère, possui o adorno e o apelo sexy como principal objectivo. A maioria das marcas, independente do intuito ou estilo, busca o planeamento de produtos que tenham uma proposta visual de acordo com as preferências e estilos de cada nicho de mercado. Isso quer dizer que cada gama de *lingerie* expressa a moda no *soutien* de diferentes formas e todas se utilizam de novas tecnologias para o desenvolvimento de novos produtos.

Grandes evoluções ocorreram durante o século XX no que diz respeito ao *soutien*, principalmente no que diz respeito às peças desenvolvidas com *lycra*, fibras termoplásticas e sem costura. A *lingerie* passou por uma série de transformações e acompanhou as mudanças culturais da mulher durante o século XX. A evolução tecnológica trouxe a possibilidade de uso de novos materiais e processos, fazendo com que a *lingerie* respondesse de forma mais precisa às necessidades da mulher contemporânea, que requer a união de vários aspectos, como durabilidade, conforto e estética. Para José da Conceição Padeiro, gerente de Marketing da Rhodia, "É importante que as pessoas saibam que toda a evolução da *lingerie* foi possível com o avanço tecnológico da indústria têxtil. Tecidos de malha feitos a partir de máquina circular [...] e o surgimento de novos fios ultra finos, que conferem toque agradável, maior respirabilidade com óptima sustentação e durabilidade, por exemplo, estão mudando o conceito no fornecimento de matérias-primas para o mercado de moda íntima" (Mariano, 2004).

Na década de 90 grandes desenvolvimentos são realizados, com o *boom* das próteses de silicone. O *soutien* acompanha a tendência e é desenvolvido com diversos artifícios para aumentar,

levantar e unir os seios. Porém, não é somente o aumento de volume dos seios que a mulher deseja. Segundo pesquisa realizada com dez mil mulheres em vários países, a mulher do século XXI deseja mais do seu *soutien*. Carolina Sister, gerente de marketing do grupo Invista, fabricante de fios como a *lycra*, afirma que “além de aumentar os seios, o *soutien* precisa conjugar outros benefícios que tragam bem-estar”. Para isso é importante que a *lingerie* una a estética, a cosmética e a tecnologia a fim de proporcionar uma peça íntima com conforto e beleza. Portanto, além de enchimentos com água e óleo, válvula de ar, e espuma, a *lingerie* pode oferecer tratamento hidratante e vitaminas. (Veiga, 2004). Além da questão de conforto e estética, o quesito multifuncionalidade tem sido abordado no desenvolvimento de roupas íntimas. *Soutiens* multifuncionais permitem que a mulher ao vesti-lo possa escolher qual tipo de alça a usar e de que maneira, se do modo tradicional com as alças na vertical simétricas, cruzadas, ou assimétricas, de forma que o *soutien* se adapte à roupa a ser vestida.

Quando se trata de conforto ligado ao *soutien*, a criação do *soutien* inteligente por Wallace e colaboradores na Universidade de Wollongong, na Austrália, é um dos maiores exemplos de melhoramento do conforto. A equipa desenvolveu um *soutien* que muda as suas propriedades em resposta ao movimento dos seios, proporcionando melhor suporte aos seios quando a mulher estiver em movimento. O *soutien* com copa desenvolvida com revestimento de polímero condutor, altera a sua elasticidade, que relaxa ou enrijece a copa do *soutien* quando este perceber movimentos excessivos prevenindo a dor (fig. 4.7). (Smart Bra to give support when it's needed, 2000)



Fig. 15 - *Soutien* inteligente (Smart Bra to give support when it's needed, 2000)

4.2.1.1.4. FACTORES PSICOLÓGICOS E FISIOLÓGICOS LIGADOS À ROUPA ÍNTIMA

A roupa íntima é uma área de grande desenvolvimento que aplica novas tecnologias a fim de melhorar uma série de factores relacionados ao conforto. O *soutien* desempenha a função de suporte para os seios a uma vasta gama de tamanhos, formas e tecidos epidérmicos (Farrel et al, 1998).

Analisando os factores fisiológicos, observa-se que os seios femininos não são simétricos e que a forma difere de mulher para mulher, assim como os ciclos da vida da mulher, a menopausa e mudanças hormonais interferem na mudança de tamanho dos mesmos, sendo esses os principais motivos para o largo número de tamanhos de *soutiens* existentes no mercado. (Goldsberry et al, 1996). Em contraste com o vestuário casual, a roupa íntima merece atenção singular. Estudos apontam que o *soutien* envolve uma série de factores complexos que influenciam na hora da escolha do consumidor, são eles: fisiológicos, psicoestéticos, funcionais, psicológicos, psicossociais e económicos (Hart e Dewsnap, 2001). Tais factores mostram que o comportamento do consumidor diante da compra de roupa íntima difere da roupa exterior, proporcionando um mercado desafiador para a *lingerie*. Apesar do *soutien* ser um produto que as mulheres adquirem com certa frequência, as mulheres consomem muito tempo na escolha e procura de um *soutien* novo e ainda assim 70% das mulheres compram o tamanho errado de *soutien* (Farrel et al, 1998).

Laurent e Kapferer (1985) realizaram um estudo que examina o envolvimento entre produto e consumidor. O *soutien* é visto pelos consumidores como um produto que possui:

- Relevância pessoal, devido à probabilidade e consequências de erro de compra, é um produto de compra arriscada, (as compras arriscadas se referem à compra de um *soutien* que não correspondam às expectativas relacionadas ao ajuste do *soutien*);

- Alto valor;

- Possui ligação entre produto e personalidade da pessoa, alto valor simbólico.

Em relação ao factor psicológico, o *soutien* altera o tamanho dos seios por questões estéticas e de moda (Singer e Grismaijer, 1995), e está intimamente relacionado à sexualidade feminina, à imagem do seu corpo e do social da mulher.

O facto do consumidor projectar a sua imagem social evidencia a ligação existente entre o auto-conceito do consumidor e a roupa íntima. O auto-conceito é um factor imediato na hora da compra, ou

seja, a mulher projecta a imagem de si mesma na roupa íntima. Em um primeiro estágio existe uma apreciação da mulher pela aparência do *soutien*. As decisões que pesam na hora da compra são: a forma ou a modelagem, a existência ou não de aro, o tipo de tecido, costuras e os demais componentes. As impressões sobre conforto e ajustes são passadas através do toque e associadas a experiências passadas, por isso, a avaliação é feita mesmo sem experimentar. A repetição de compra se dará a partir do julgamento do conforto e adaptação. Porém estes só serão reconhecidos depois de serem lavados e vestidos.

Segundo Hart e Dewsnap, 2001, os problemas reconhecidos pelos consumidores sobre a roupa íntima, especialmente em relação ao *soutien*, que levam os mesmos a comprarem uma peça nova é a perda de suporte funcional devido a deterioração da elasticidade, e a mudanças fisiológicas que ocorrem no corpo da mulher levando a mesma a necessitar de um *soutien* maior ou menor. Além dos factores funcionais, o factor estético é um factor que influencia na compra de um novo *soutien*; é o desejo de se sentir bela para si ou para outra pessoa.

O *soutien* além de ganhar uma atenção maior em relação ao bem-estar da mulher, ganha também um maior espaço no guarda-roupa das mesmas. Temos como exemplo o consumo da mulher brasileira em relação ao *soutien*. Segundo dados de Veiga, em 1993 a mulher brasileira comprava seis calcinhas para cada *soutien*. Dez anos mais tarde esta proporção passou para duas calcinhas para cada *soutien* (Veiga, 2004). No Reino Unido, as mulheres compram *soutien* de 3 a 4 vezes por ano e duas ou mais peças de cada vez. Porém o aumento das compras, não está relacionado com o prazer em fazê-las. Apenas um terço das mulheres acha a compra de *soutien* algo prazeroso e positivo, o restante considera a compra de um *soutien* algo aborrecido e frustrante. A razão para tal comportamento é a falta de tamanhos grandes em relação aos *soutiens* atraentes, falta de opção em geral, dificuldade de *soutiens* que sejam confortáveis e formas adequadas às roupas (Hart e Dewsnap 2001).

O segmento de roupa íntima assim como outras áreas do sector têxtil, está cada vez mais competitivo, a fim de conseguir suprir as necessidades do consumidor que demandam produtos com conforto, segurança, bem-estar e funcionalidade. Jenkinson, da Marks & Spencer, uma figura influente no ramo do design de *lingerie*, afirma que: “as mulheres querem tudo agora. Elas querem *glamour* e praticidade” (Rippin, 2005).

4.2.1.2. ESTUDO DO CONFORTO NO DESENVOLVIMENTO DO VESTUÁRIO

O *soutien* afecta a relação de conforto, contorno, saúde dos seios e o desempenho fisiológico da mulher que o está vestindo, por isso, o conforto é um aspecto crítico no desenvolvimento do produto de vestuário de roupa íntima. Do ponto de vista de gerência de negócios de empresas têxteis, a pesquisa sobre o conforto, tem implicações financeiras no esforço de satisfazer os desejos dos consumidores, a fim de obter vantagens competitivas sustentáveis em mercados de consumidores exigentes e modernos. De acordo com Y. Li em *The Science of Comfort* (Li, 1998), o conforto é identificado como um dos atributos chaves para atrair o desejo do consumidor em produtos do vestuário. Produtos têxteis e do vestuário são materiais essenciais que usamos todos os dias para obter conforto psicológico e fisiológico e, fundamentalmente, assegurar condições físicas e apropriadas ao nosso corpo para o dia-a-dia. Consequentemente, pesquisas no conforto do vestuário têm significado fundamentalmente o melhoramento da qualidade de vida, e em relação a pesquisa do conforto para as roupas íntimas se mostra ainda mais importante devido às necessidades que o *soutien* possui enquanto um artigo de vestuário que está intimamente ligado à mulher. O *soutien* serve de suporte para um dos tecidos mais sensíveis do corpo da mulher e é desenvolvido de forma a adaptar-se perfeitamente ao contorno do corpo.

Entende-se o conforto como um *mix* de quatro componentes: conforto sensorial, termofisiológico, ergonómico e psicológico, que são entendidos como importantes no desenvolvimento de um produto. O conforto pode ainda ser dividido em especificações estéticas e funcionais do tecido: O conforto psicológico relaciona-se com as especificações estéticas e o conforto termofisiológico e sensorial como especificações funcionais.

O conforto sensorial refere-se à percepção do contacto mecânico e térmico da pele com o tecido, a suavidade, rigidez, aspereza, calor. As propriedades mecânicas e superficiais a baixas solicitações juntamente com o toque térmico, que é medido através da absorvibilidade térmica são essenciais para a determinação do conforto sensorial. Os tecidos devem considerar a pilosidade a fim de não passar a sensação de quente.

O conforto termofisiológico está relacionado com as propriedades de transporte de calor e humidade da roupa bem como a forma como o vestuário ajuda a manter o balanço térmico do corpo. No

que diz respeito ao estado de equilíbrio térmico, as propriedades envolvidas são a condutividade térmica, a resistência térmica, a permeabilidade e a "sensação quente/frio" (toque térmico). (Cunha, 2005)

O conforto ergonómico é um estado de harmonia física e mental, o físico está relacionado com as sensações provocadas pelo contacto do tecido com a pele e do ajuste da confecção ao corpo, sem prejudicar os movimentos (Li, 1998). Este aspecto quando explorado à *lingerie* deve respeitar as formas antropométricas femininas pois serve como suporte aos seios e por estarem tão próximos destes, a copa deve se moldar exactamente às formas do corpo feminino. Kirk e Ibrahim relataram um estudo entre a elasticidade do tecido e as exigências antropométricas do vestuário. Os autores identificaram que existem três componentes essenciais: ajustamento, caimento da peça e elasticidade do tecido para o conforto ergonómico:

“O ajuste da peça fornece o espaço permitido para a tensão da pele, o qual é afectado pela relação entre o tamanho do vestuário e o tamanho do corpo. O caimento da peça, determinado principalmente pelo coeficiente de atrito entre a pele e o tecido e entre as diferentes camadas do vestuário, é outro mecanismo que o vestuário pode utilizar para suavizar as tensões da pele. A elasticidade do tecido é um importante factor para o conforto de tensão superficial”. (Li, 1999, p. 105)

Em *El Cuerpo Diseñado*, Andrea Saltzman (Saltzman, 2004), identifica que o vestuário e a pessoa se influenciam mutuamente. A roupa presta seus atributos ao utilizador e ele se mascara e se desmascara com ela. Estes significados do vestuário podem estar claros ou em códigos, que segundo *Psicologia do Vestir*, (Eco, 1989) servem para “marcar a própria presença, chamar a atenção, pôr em acento ou evidenciar determinadas partes do corpo”. A *lingerie* em particular é um tipo de vestuário que possui muitos códigos e está intimamente ligada à fantasia e ao fetiche. O aspecto estético é de suma importância para este tipo de vestuário que pode transmitir uma série de mensagens dependendo da mensagem que se pretende passar. São as especificações estéticas as que irão passar ao utilizador conforto psicológico. Além disso, tecnologias que permitem a sensação de estar sempre seco, sem manchas de suor, transmitem uma sensação de conforto térmico e táctil, além da segurança psicológica de que o utilizador poderá expor o corpo a situações de calor mais intenso e exercitar-se de maneira que a roupa não fique molhada, transmitindo segurança ao utilizador.

4.2.1.2.1. A CONSTRUÇÃO DE UM *SOUTIEN* E SUAS QUALIDADES TÉCNICAS

Para além do estudo do conforto na concepção do vestuário íntimo, existe uma série de factores a serem explorados e desenvolvidos na concepção do design desta peça de vestuário. O desenvolvimento de um *soutien* possui muitas etapas e cada etapa possui certa complexidade. Um estudo a cerca do desenvolvimento do *soutien*, por Hardaker e Fozzard mostra todo o processo do desenvolvimento desde a inspiração até à linha de produção (figura 4.8).

O processo se inicia com a pesquisa de tendências e inspiração, depois a escolha de tecidos, que é visto como uma parte intrínseca do design do *soutien* e essencial para um bom processo de modelação, levando em consideração a construção, composição e atributos físicos. A maior parte dos tecidos utilizados no desenvolvimento de um *soutien* possui elasticidade e utiliza o processo de malharia para a produção do tecido, utilizado na parte externa e interna da copa, bem como na parte de fechamento do *soutien*. O julgamento feito pelo designer na escolha do tecido parte da aparência visual, qualidades tácteis e propriedades elásticas. O histórico dos tecidos que obtiveram sucesso comercial em colecções anteriores é importante na escolha do tecido que será utilizado no desenvolvimento do novo produto.

A inserção de novos tecidos no mercado é considerada importante pelas empresas. Através de inquérito com dez empresas de *lingerie* sobre o processo de design de seus produtos, é possível ter uma ideia sobre os critérios utilizados para a selecção de novos tecidos para o desenvolvimento de *soutiens*. A utilização de novos tecidos mostra que as empresas possuem como principal objectivo a inovação, seja ela funcional ou estética, em todo o produto ou em partes específicas. O gráfico 4.1 ilustra os principais motivos da utilização de novos tecidos pelas dez empresas a que foi submetido o inquérito (Hardaker e Fozzard 1997).

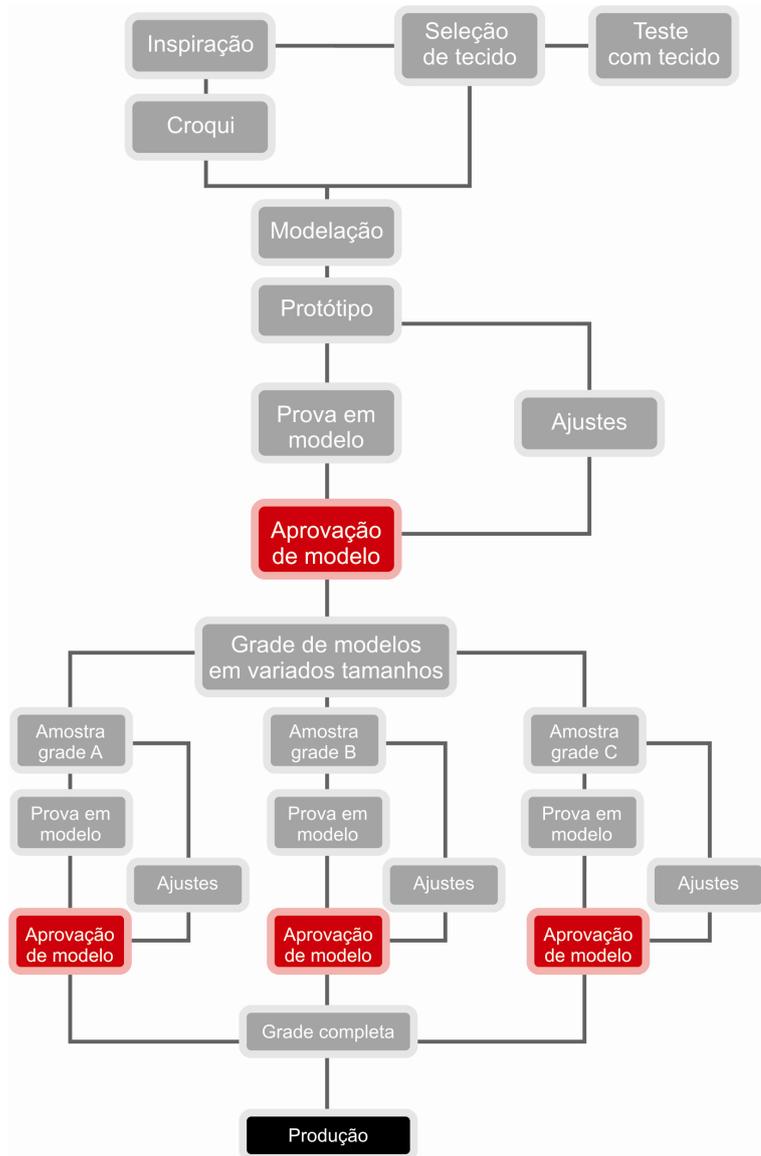


Fig. 4.8 - Processo de desenvolvimento do *soutien* (Hardaker, C. H. M. & Fozzard, G.J.W., 1997, p. 312)

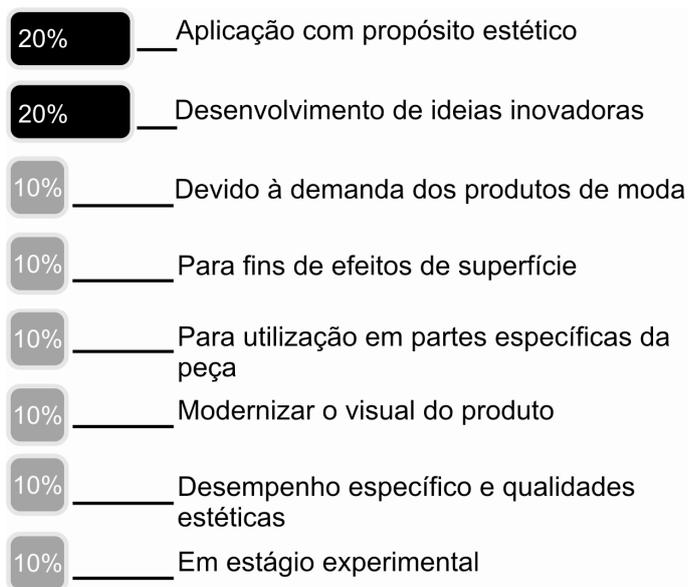


Gráfico 4.1 - Inquérito sobre a utilização de tecidos (Hardaker, C. H. M. & Fozzard, G.J.W., 1997, p. 316)

Seguido à escolha de tecidos, o desenvolvimento da modelagem toma lugar. A modelagem de um *soutien* consiste no mínimo em 5 partes e alguns estilos podem chegar a 22 moldes. Faz parte do processo de modelagem, a prova em modelos, a fim de perceber o perfeito ajustamento da modelagem. Como o *soutien* é uma peça de vestuário que fica muito próxima ao corpo, este deve possuir uma variedade de tamanhos suficiente para comportar diferentes tamanhos e formas de seios. Pode-se ter uma ideia da complexidade do processo de desenvolvimento de um *soutien* quando se compara a grade de tamanhos de uma peça de vestuário comum como uma camisola, que possui geralmente oito tamanhos, com a grade utilizada na produção de *soutien*. A grade de tamanhos e as normas antropométricas dos *soutiens* variam de empresa para empresa. O mínimo de tamanhos a ser produzido é de 20 tamanhos por modelo, sendo que alguns modelos mais vendidos podem chegar a 56 diferentes tamanhos. Os tamanhos dos *soutiens* são feitos com base nas medidas do contorno do seio, e do tórax (fig. 4.9), tais medidas devem ser feitas com a respiração relaxada. A medida abaixo dos seios representa a medida do tórax, e deverá ser convertida para polegadas. A partir da diferença entre a medida dos seios e do tórax se obtém o tamanho da copa, (medida dos seios menos a diferença do tórax), o valor obtido desta diferença será representado por letras (ver anexo I) (Measurer's Handbook: US Army Anthropometric Survey).

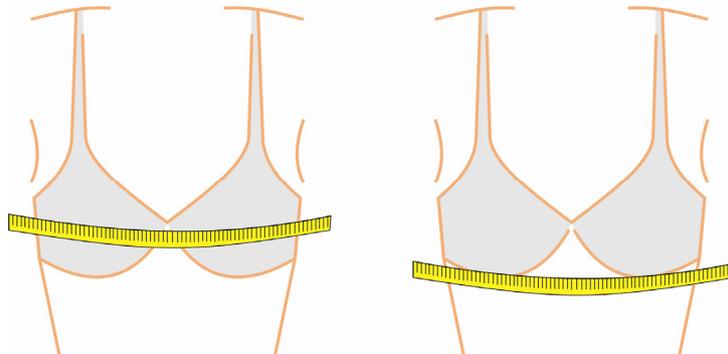


Fig. 4.9 - Contorno do seio e contorno do tórax (Measurer's Handbook: US Army Anthropometric Survey)

4.2.1.3. PESQUISA OBSERVATÓRIA: DESCONSTRUINDO O *SOUTIEN*

A seguir às pesquisas de contextualização da *lingerie*, pesquisas em relação às necessidades fisiológicas e psicológicas, e à breve caracterização do processo de desenvolvimento de um *soutien*, é importante para a preparação do processo criativo de desenvolvimento de um novo *soutien* a pesquisa observatória. Para tal, utilizaram-se soutiens da marca Triumph, tamanho 36B. Os mesmos serão utilizados como referência para a forma e tamanho das copas que serão desenvolvidas, bem como na aplicação.

O início da pesquisa utilizou o método de desconstrução, método este que já foi utilizado por designers como Giorgio Armani, que utilizou-se deste a fim de gerar novas formas, alterar a modelação ou aparência no vestuário. Nas peças de *soutien*, este método foi utilizado a fim de perceber os materiais e a modelação, e em cima desta observação gerar uma série de ideias que possam vir a solucionar ou melhorar problemas ou carências que podem vir a ser detectados.

Através da desconstrução foi possível perceber os tecidos utilizados na parte interna (forro) e externa. Os materiais utilizados no forro e nos tecidos externos possuem na sua maioria elastano na sua composição e a sua estrutura é em jersey. Rendas e tecidos planos são inseridos em detalhes do produto na parte externa de trás e da frente com intuito estético.

Através da desconstrução percebe-se com clareza, o material utilizado nas copas, que em sua maioria são de esponja de poliuretano ou poliéster, tanto podem ser rígidas ou maleáveis e a sua

modelagem podem ser desde copas inteiras sem corte e costura a copas com moldes divididos em duas ou três partes. A copa é utilizada principalmente para proporcionar estruturação e forma ao seio da mulher e com enchimento proporciona o aumento e realce do seio. A estruturação da copa é um dos pontos mais valorizados:

- Para as mulheres com pouco seio: aumentar e realçar.
- Para as mulheres com meia-idade com seios flácidos devido a perda de elasticidade: apoiar.
- Para mulheres que possuem volume médio a grande: moldar.

A desconstrução do *soutien* informa como o mesmo é desenvolvido e de que forma os pontos fracos podem vir a ser explorados. O próximo passo é a pesquisa observatória de utilização, que se mostra importante na continuação da pesquisa pois é através dela que se poderá perceber os pontos fracos em relação ao conforto, durabilidade e aspectos práticos para o utilizador.

4.2.1.3.1. PESQUISA OBSERVATÓRIA: SER O UTILIZADOR

Um produto de vestuário íntimo só é avaliado como uma compra negativa ou positiva depois de vestido e lavado. Se a compra confirmar ser negativa, é provável que o produto adquirido ficará no fundo de uma gaveta (Laurent e Kapfer, 1985). A partir desta premissa, o segundo estágio do processo de observação, que consiste na observação do produto como utilizador, se realizará através da utilização do produto sendo possível observar o comportamento do produto durante o uso, lavagem, secagem e armazenagem. A utilização do produto consistirá no uso de produtos similares aos utilizados na desconstrução dos soutiens.

A utilização do produto demonstrou problemas relacionados com a sudação, principalmente quando a temperatura corporal aumenta devido ao aumento da actividade física, ou aumento da temperatura ambiente. A utilização da copa estruturada de esponja causa suor independente da espessura do mesmo. Tais problemas podem estar relacionados com a carência do conforto termofisiológico e sensorial ou seja, falta de equilíbrio térmico, que pode estar a ser causado pelo tipo de material, estrutura e espessura do mesmo.

Passando a fase da utilização do produto na lavagem, percebe-se que quando submetidos à lavagem à máquina algumas copas tendem a amassar e deformar tanto na parte interna da copa como

na parte externa, deteriorando o *soutien* em pouco tempo como pode-se perceber na figura 4.10. Os soutiens utilizados da pesquisa de utilizador são das marcas: Triumph e Valisère, tamanho de copa 34B.



Fig. 4.10 - Amassados percebidos na parte interna e externa da copa do *soutien* (Foto da autora)

4.2.1.3.2. PESQUISA OBSERVATÓRIA: TESTES

Através da identificação de possíveis falhas relacionadas ao *soutien* e que possam estar sendo causadas pelo uso indevido de tecidos e materiais nas copas, uma série de testes foram realizados com o intuito de quantificação dos mesmos. Os testes foram feitos no permeabilímetro ao vapor de água (fig. 4.11) e no Alambeta (fig. 4.12), com quatro amostras de copas similares às do teste de utilizador, a fim de verificar o conforto termofisiológico e sensorial, através da avaliação da resistência térmica, difusividade térmica, a permeabilidade ao vapor de água e a sensação quente/frio (o toque térmico que é caracterizado pela propriedades de absorvidade térmica).



Fig. 4.11

Fig. 4.11 - Permeabilímetro ao vapor de água (Foto da autora)



Fig. 4.12

Fig. 4.12 - Alambeta (Foto da autora)

A permeabilidade ao vapor de água é identificada como a habilidade do tecido em permitir a transpiração em forma de vapor. A transpiração é um importante mecanismo que o corpo utiliza para a perda de calor quando a temperatura começa a aumentar, sendo uma propriedade higiénica que influencia o fluxo de vapor de água do corpo humano para o meio ambiente e o fluxo de ar fresco para o corpo (Saville, 1999).

O calor é retirado do corpo de forma a fornecer energia necessária para evaporar o suor da pele. O suor líquido ou em forma de vapor podem enfrentar problemas no que diz respeito a sua passagem dos através dos tecidos, para a camada exterior, por isso é importante a habilidade do tecido em absorver a água, assim como a habilidade de transportar água para fora do tecido.

As propriedades térmicas dos tecidos são fortemente influenciadas pela permeabilidade ao vapor de água. Um tecido com baixa permeabilidade será impedido de transportar vapor de água suficiente, o que conseqüentemente causará o acumular de suor. A permeabilidade ao vapor da água depende da porosidade do tecido, a secção transversal, e a forma. De forma a verificar o comportamento das copas similares as que foram utilizadas na pesquisa observatória, foram realizados testes em permeabilímetro ao vapor de água, segundo a norma BS 7209: anexo B, "*British Standart Specification for water vapour permeable apparel fabrics*". A tabela 4.1 ilustra os índices encontrados nas três copas testadas:

Amostras	Permeabilidade ao vapor de água
Amostra 1	66,74 %
Amostra 2	62,45 %
Amostra 3	85,70 %
Amostra 4	Devido à rigidez da copa não foi possível a medição

Tabela 4.1 - permeabilidade ao vapor de água medida em três amostras (Dados da autora)

O Alambeta mede os parâmetros térmicos do tecido, simulando o fluxo de calor do corpo para o tecido, o toque térmico, a resistência térmica e a espessura de forma objectiva (patente checa, produto da empresa alemã Zweigle).

Quatro amostras distintas identificaram as propriedades térmicas das copas, que podem ser observadas na tabela 4.2. A resistência térmica é dependente da espessura e da condutividade térmica

do tecido (Matuziak, 2006). As amostras possuem valores altos de resistência térmica o que impede o fluxo de calor, e conseqüentemente pode vir a gerar a acumulação de suor. Devido à espessura das copas ser grande, observa-se um aumento no isolamento térmico, e da mesma forma, diminuição na perda de calor.

A absorvidade térmica que é o parâmetro responsável pelas propriedades de superfície do tecido possibilita a caracterização do “toque térmico”. Tecidos com baixo valor de absorvidade térmica proporcionam toque quente. Os valores encontrados nas copas dos *soutiens* possuem valores baixos e medianos de absorvidade térmica, estando estes valores dependentes da espessura das copas. (Frydrych, 2002).

Propriedades	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4
Difusividade térmica	0,33 m ² /s	*	0,684 m ² /s	*
Absortividade térmica	76,3Ws ^{1/2} /m °K	18,8Ws ^{1/2} /m °K	50,8Ws ^{1/2} /m °K	37,5Ws ^{1/2} /mK
Resistência térmica	101,5 m ² °K/W	177 m ² °K/W	118 m ² °K/W	125 m ² °K/W
Espessura	4,44mm	13,1mm	5,91mm	5,94mm

Tabela 4.2 - Testes realizados com quatro amostras no aparelho Alambeta.

*A difusividade térmica não foi possível ser avaliada com clareza devido a alta espessura das amostras o que impossibilitou uma avaliação correcta, erro 34.(Dados da autora)

Posterior aos testes realizados no Alambeta e no permeabilímetro ao vapor de água foi possível verificar alguns pontos fracos relacionados com as propriedades de superfície e ao equilíbrio térmico das copas. Tais problemas são a espessura dos materiais, a baixa absorvidade térmica que proporciona toque quente, a alta resistência térmica, que impede o fluxo de calor e a baixa permeabilidade ao vapor de água. O somatório destes parâmetros pode causar desconforto, desequilíbrio térmico podendo ocorrer o efeito de sudação.

A pesquisa contextual, observatória de desconstrução, utilização e de testes, serviu de base para a fase de introspecção e de elaboração de ideias. A partir dos pontos fracos observados, será possível o encontro de novas oportunidades a serem exploradas a partir da aplicação do material com memória de forma SMA.

em contacto com o corpo humano memoriza a forma em zig-zag pretendendo-se levantamento das mamas.

A partir das ideias criadas, é necessário realizar a experimentação do material a fim de verificar a usabilidade do mesmo nas situações a que se pretende submetê-lo.

4.2.3. EXPERIMENTAÇÃO DO MATERIAL

As ligas metálicas de NiTi, com mencionados no capítulo 2, exigem tratamento térmico para incorporar o comportamento de memória de forma. O tratamento será realizado na mufla Naber (fig. 4.14). No processo de aquecimento foi feita a aplicação de hélio de forma a deixar a atmosfera inerte.



Fig. 4.14 - Mufla Naber (Foto da autora)

4.2.3.1. EXPERIMENTAÇÃO DO MATERIAL – AMOSTRA 1

A experimentação do material será realizada com dois tipos de fio a fim de testar o material para a utilização nas molas e nas alças do *soutien*, que foi testado o fio SM495 (fig. 4.15), um fio espesso com temperatura de transição de 60°C, ou seja, a utilizadora pode optar quando necessita utilizar destes artificios, aquecendo o fio com um calor de fonte artificial.



Fig. 4.15 - Amostra 1 (Foto da autora)

A tabela 4.3 ilustra as propriedades físicas, mecânicas e de memória de forma do material.

Propriedades Físicas	
Ponto de fusão	1310°C
Densidade	6.5g/cm ³
Resistência eléctrica	76 µohm-cm
Módulo da elasticidade	28-41 x 103 MPa
Coefficiente de expansão térmica	6.6 x 10 ⁻⁶ /°C

Tabela 4.3a - Propriedades físicas (Base de dados do fornecedor: Nitinol Devices and Components)

Propriedades Mecânicas	
Tensão de ruptura	1100 MPa
Elongação à ruptura	10%

Tabela 3.3b - Propriedades mecânicas (Base de dados do fornecedor: Nitinol Devices and Components)

Propriedades de memória de forma	
Força de memória de forma (máx)	8%
Temperatura de transformação (A _s)	60°C

Tabela 4.3c - Propriedades de memória de forma (Base de dados do fornecedor: Nitinol Devices and Components).

Existem diferentes tratamentos a serem aplicados ao material, sendo que o tratamento aplicado à amostra 1 seguiu indicações do fornecedor. Tais indicações sugerem tratamento de 500°C a 510°C durante intervalo de 60 a 90 segundos. O material foi deformado em forma de mola a fim de verificar a eficácia do efeito de memória de forma, sendo submetido ao tempo e temperaturas indicadas na mufla e arrefecido após a retirada do material do calor. A temperatura *austenite* final deste material é de 60°C ou seja, ele recupera a forma a partir desta temperatura. A figura 4.16 ilustra a transformação do material da forma *martensite* inicial (M_s) até a forma *austenite* final (A) em 10 segundos.

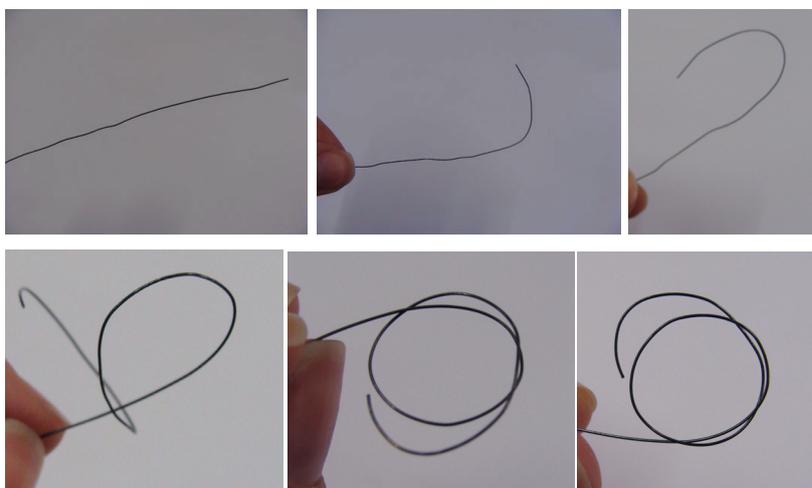


Fig. 4.16 - Transformação do material a 60°C em 10 segundos (Foto da autora)

A experimentação da amostra 1 nas aplicações intencionadas acaba por encontrar problemas devido a falta de força que é exigida do material para que sejam possíveis os efeitos desejados em relação ao efeito de enchimento da copa e do levantamento do seio proporcionado pelo encolhimento das alças. Para além dos problemas de força, as molas poderiam vir a magoar o seio, optando-se por não utilizar este processo com este material.

4.2.3.2. EXPERIMENTAÇÃO DO MATERIAL – AMOSTRA 2

Em uma segunda etapa, experimentou-se o material para a aplicação no tecido da copa, que é um fio *alloy B* (fig. 4.17) de 0,127mm com temperatura *austenite* final de 37°C. Ou seja, em contacto

com o corpo o mesmo deve recuperar a forma tridimensional da copa a que foi memorizada. O fio foi adquirido em *coldwork*, ou seja, é fornecido sem nenhuma forma, o que fica a critério do comprador utilizar o material em *coldwork*, ou mesmo aplicar um tratamento ao material.



Fig. 4.17 - Amostra 2 (Foto da autora)

A tabela 4.4 ilustra as propriedades físicas, mecânicas e de memória de forma do material.

Propriedades de memória de forma	
Até 1 ciclo	acima de 8 %
Até 100 ciclos	acima de 5 %
Até 100.000 ciclos	acima de 3 %

Tabela 4.4a - Força de transformação do fio em ciclos (Memory-Metalle GmbH. 2008)

Propriedades físicas	
Modulo Young na fase Austenite	ca. 70 - 80 GPa
Modulo Young na fase <i>Martensite</i>	ca. 23 - 41 GPa
Tensão de ruptura (condição cold work)	up to 1.900 MPa
Factor de contração transversal	0,33
Tensile strain (cold work)	5 - 20 %
Hot workability	reasonable
Cold workability	difficult (work hardening)

Tabela 4.4b - Propriedades físicas do fio (Memory-Metalle GmbH. 2008)

Propriedades mecânicas	
Ponto de fusão	1310 °C
Densidade	6,45 kg/dm ³
Condutividade térmica na fase <i>martensite</i>	ca. 9 W/m K
Condutividade térmica na fase <i>austenite</i>	ca. 18 W/m K
Resistência eléctrica	50 - 110 μΩcm
Propriedades de corrosão e biocompatibilidade	excelente

Tabela 4.4c - Propriedades mecânicas do fio (Memory-Metalle GmbH. 2008)

A amostra 2 foi experimentada de acordo com as informações obtidas com o fornecedor, o material pode ser submetido de 1 a 2 minutos a 400°C. Porém o mesmo sugere também o tratamento do material a 500°C durante cinco minutos. Tratamentos térmicos a altas temperaturas por um tempo maior tendem a aumentar o desempenho do comportamento de memória de forma, bem como proporcionar melhor resposta térmica de forma (Memory Metalle Info Sheet 13).

O material foi pré-formado em forma de mola e submetido a tratamento térmico, de 5 minutos a 500°C, com posterior arrefecimento. Para que seja possível deformar o material para a fase *martensite*, é necessário arrefecer o material a aproximadamente 5°C. Segundo a curva histerese que define a diferença de temperaturas no qual o material é 50% transformado para a forma *austenite* sob aquecimento e 50% transformado para a forma *martensite* sob arrefecimento, a diferença entre as duas temperaturas é de 20 a 30°C. Na prática, isso quer dizer que a liga metálica que foi designada para ser completamente transformada para a fase *austenite* a 37°C requer um resfriamento para aproximadamente +5°C para que a liga seja totalmente retransformada para a fase *martensite* (Buehler, 1967). O efeito de memória de forma da liga metálica com fase de transição a temperatura corporal está ilustrado na figura 4.18.

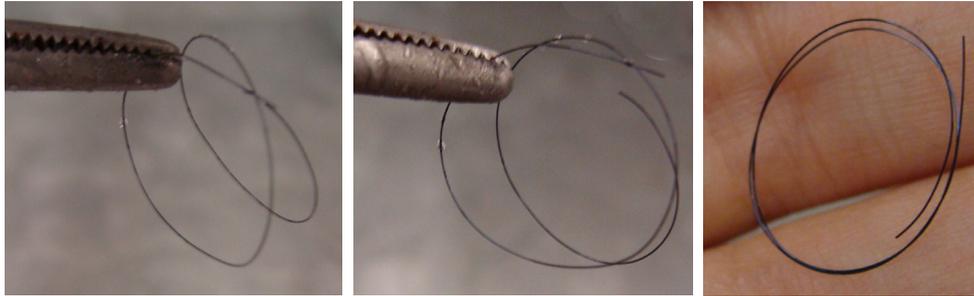


Fig. 4.18 - Transformação do material de +5°C a 37°C em 3 segundos (Foto da autora)

4.2.4. AVALIAÇÃO

Após a experimentação do material com tratamento térmico, foi possível iniciar o processo de selecção de ideias, avaliando o que pode ser exequível a fim de atingir o objectivo de forma concreta. Os efeitos de memória de forma nas alças e no enchimento na copa não serão possíveis devido a falta de força necessária tais funções requeridas.

Descartadas estas ideias, selecciona-se o desenvolvimento do conceito da copa com memória de forma. O fio deverá ser testado segundo processamentos têxteis que se considerar mais adequado. O tecido deverá ter estrutura aberta para possibilitar o melhor equilíbrio térmico. A fim de proporcionar melhor conforto ao usuário, copa deverá estar entre duas camadas de tecido com boas qualidades de toque sensorial.

4.2.5. ELABORAÇÃO

A partir da escolha do conceito, seguirá a elaboração de um desenho a fim de estabelecer especificações para que se possa começar a experimentação em processamentos têxteis. O croqui da figura 4.19 ilustra o conceito em que serão baseados os desenvolvimentos das copas, que serão processadas em malha e tecido.

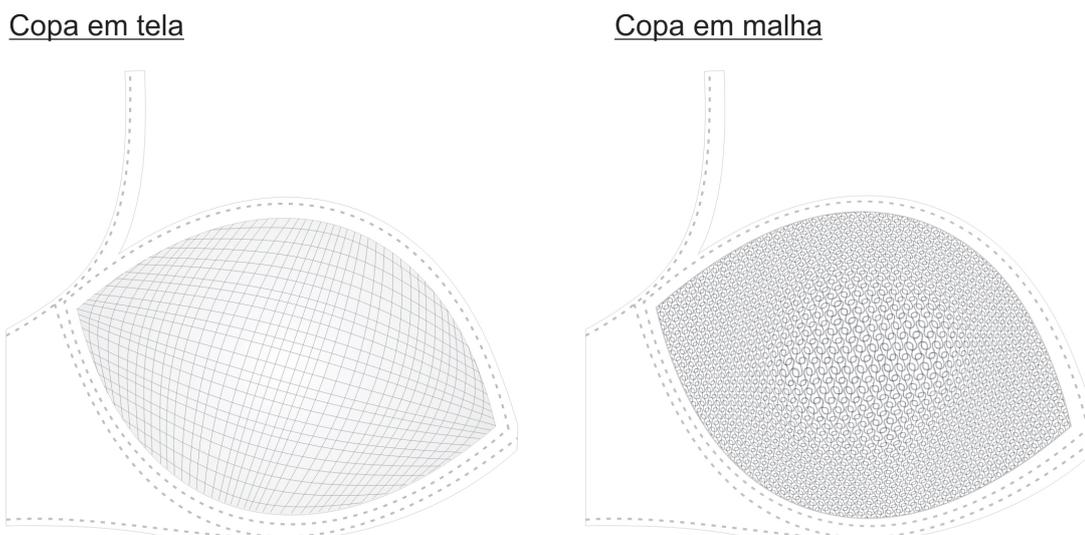


Fig. 4.19 - Desenho ilustrativo da copa (ilustração da autora)

4.2.6. PROTOTIPAGEM

Após a fase de testes realizados com o material e desenvolvido o conceito da copa que se decidiu desenvolver, dá-se início a fase de prototipagem. O protótipo pode ser desenvolvido usando tecnologias que nada se assemelham do sistema final, este pode recorrer a diversas técnicas e materiais para ser desenvolvido. A partir desta ideia, inicia-se o processo de prototipagem, explorando vários processos têxteis e materiais a fim de melhorar o desempenho do tecido. Em um primeiro passo, é desenvolvida a copa em croché.

4.2.6.1. PROCESSAMENTO TÊXTIL DOS METAIS – HISTÓRICO

O conceito de trabalhar o metal em estruturas têxteis existe há séculos em diferentes culturas e tempos. A combinação entre metal e técnicas têxteis podem ser encontradas nas culturas gregas, pré-colombianas, na Europa medieval, no Japão do século XVII e na África primitiva. Tal combinação não evidencia nenhuma técnica particular de processamento, nem mesmo representam nenhum desenvolvimento cultural, estilístico, ou tecnológico, porém tais evoluções tanto no trabalho e nas matérias têxteis em relação aos metais se desenvolveram simultaneamente. A figura 4.20a ilustra

detalhe de um tecido ornamentado com espirais metálicas de cobre que data de 1200 D.C., a figura 4.20b ilustra uma bolsa tecida com fios de metal do ano de 1830, de origem italiana ou francesa.

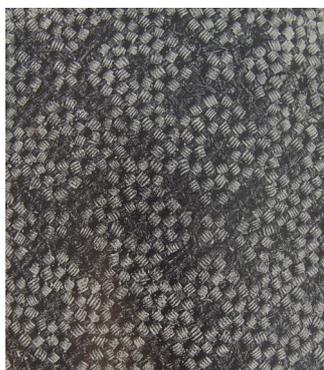


Fig. 4.20a



Fig. 4.20b

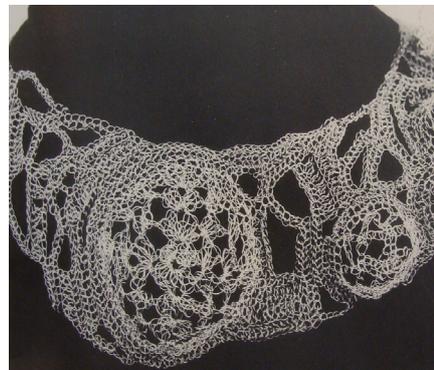


Fig. 4.20c

Fig. 4.20a - Tecido ornamentado, 1800 D.C.

Fig. 4.20b - Bolsa de tecido metálicos de 1830

Fig. 4.20c - Trabalho de joalheira em metal com estrutura em croché (Fisch, M.A., 1997, p.12)

O *croché* é uma excelente técnica para trabalhos em metal, devido ao melhor suporte que o metal proporciona à estrutura têxtil em relação aos fios tradicionais e as mais variadas formas e estruturas podem ser facilmente adaptadas ao vestuário ornamentado e à joalheria (Fig. 4.20c) (Fisch, 1997).

4.2.6.2. PROTOTIPAGEM DA COPA EM MALHA – O CROCHÉ

O desenvolvimento da copa em croché manual (fig. 4.21) foi executado com um fio de SMA de NiTi alloy B, (o fio da amostra 2), juntamente com fio um 100% algodão. Geralmente, a aplicação de fios de SMA com fios tradicionais é feita posteriormente à programação do fio, porém neste caso a mistura do fio de SMA com o fio de algodão foi feita antes, com a finalidade de aumentar a aderência do fio e facilitar a manufatura da copa em croché (Laschuk e Souto, 2008b). A copa em croché foi realizada manualmente como ilustra a figura 4.21a e teve como ponto de partida o centro da copa. A figura 4.21b ilustra a copa após a confecção.



Fig. 4.21a



Fig. 4.21b

Fig. 4.21a - Desenvolvimento da copa de forma manual

Fig. 4.21b - Copa final em croché (foto da autora)

Após o desenvolvimento da peça em croché, esta está pronta para ser colocada na mufla e tomar a forma a que será memorizada tridimensionalmente. A peça será submetida à mufla a 500° C durante 5 minutos conforme indicações informadas pelo fornecedor. O resultado obtido é ilustrado na figura 4.22a. Como se pode perceber, o algodão não foi carbonizado em sua totalidade, pelo que se deverá submeter novamente a copa à mufla por mais quinze minutos. Após submissão a um maior intervalo de tempo o algodão desaparece na sua totalidade (fig. 4.22b).



Fig. 4.22a

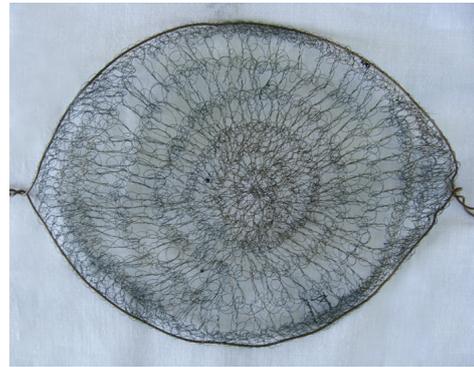


Fig. 4.22b

Fig. 4.22a - Resultado do tratamento térmico durante 5 minutos

Fig. 4.22b - Resultado do tratamento térmico após 15 minutos (Fotos da autora)

Após o processo de memorização do material na mufla, a copa foi aplicada ao *soutien* na parte interna (fig. 4.23), entre duas camadas de tecido a fim de não causar nenhum tipo de contacto directo entre a estrutura metálica e a epiderme mamária.



Fig. 4.23 - Aplicação da copa de NiTi com memória de forma ao *soutien* (Foto da autora)

4.2.6.3. PROTOTIPAGEM DA COPA EM MALHA – TEAR RECTILÍNEO ELECTRÓNICO

O protótipo da copa em malha foi realizado em tear manual Dubied a fim de verificar a processabilidade do material. Os resultados indicaram dificuldades de processabilidade com o fio em *coldwork*, pelo que se iniciaram os testes em tear rectilíneo electrónico STOLL CMS 320 TC (fig.4.24).



Fig. 4.24 - Desenvolvimento em tear rectilíneo electrónico STOLL (Foto da autora)

O tear rectilíneo electrónico STOLL apresentou melhorias na processabilidade, porém ainda insuficientes. Sendo assim, entrançou-se o fio de NiTi com quatro fios de algodão, colocando-o como miolo do fio, desenvolvendo um fio fantasia. Com o desenvolvimento do fio fantasia, foi possível melhorar a processabilidade. A figura 4.25 ilustra uma amostra desenvolvida.



Fig. 4.25 - Amostra com fio fantasia com algodão e miolo de NiTi (Foto da autora)

Numa segunda fase, efectuou-se um tratamento no fio a fim de tentar melhorar a sua processabilidade sem a necessidade de entrançá-lo com fios de algodão. O fio em *coldwork* recebeu tratamento térmico a 500°C durante cinco minutos em mufla. Segundo testes realizados em dinamómetro (fig. 4.26) após receber tratamento térmico, o fio possui melhor extensibilidade, o que melhora a processabilidade do fio.



Fig. 4.26 - Dinamómetro (Foto da autora)

A tabela 4.5 mostra a diferença entre o fio em *coldwork* e após tratamento térmico. O gráfico 4.2 ilustra as propriedades de força e extensão dos dois fios. Através dele é possível perceber que o fio em *coldwork* possui uma percentagem um pouco maior de força que o fio com tratamento térmico, porém o fio tratado possui 2,6 vezes mais extensibilidade que o fio em *coldwork*, o que se considera positivo em relação à processabilidade do fio.

Material	Força N	Elasticidade	Break N	Tenacidade N/Tex
Coldwork	23,3	4,9	23,3	23,3
Tratado	19,9	12,18	19,9	19,9

Tabela 4.5 - Diferenças entre fio tratado e fio em coldwork (Dados da autora)

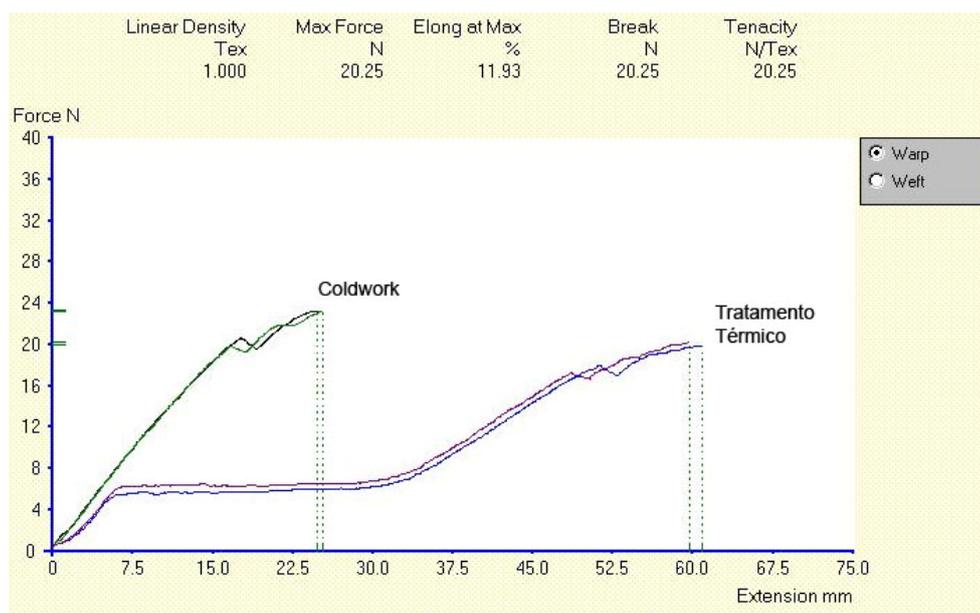


Gráfico 4.2 - Comparativo entre o fio de NiTi em coldwork e sob tratamento térmico (Dados da autora)

Depois do tratamento térmico do fio, é desenvolvida uma amostra em malha no tear rectilíneo electrónico STOLL. Verifica-se a melhoria da processabilidade devido a melhora ocorrida na elasticidade do fio após tratamento. A figura 4.27 ilustra uma amostra de malha desenvolvida com o fio de NiTi tratado.

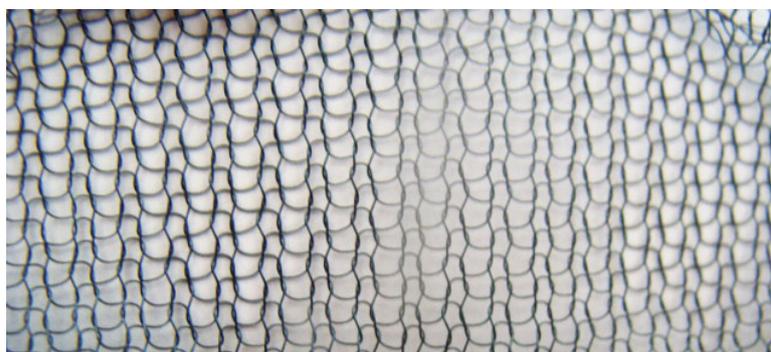


Fig. 4.27- Amostra desenvolvida em tear rectilíneo com fio tratado (Foto da autora)

A partir da amostra feita, segue-se para a próxima etapa que é o desenvolvimento da copa. O efeito tridimensional da copa será conseguido através da modelação plana, pois o fio não possui elasticidade suficiente para efectuar o tipo de laçada que se realiza na copa tridimensional durante o processo de tricotagem. A partir deste princípio, a malha será tecida em ponto Jersey. Após o processamento têxtil do material, a malha será cortada em moldes (fig. 4.28), a fim de ser feita a memorização das partes com curvatura, depois serão unidas de forma a obter-se uma estrutura tridimensional. A memorização se dará através de tratamento térmico de 550°C durante 5 minutos, com atmosfera inerte.

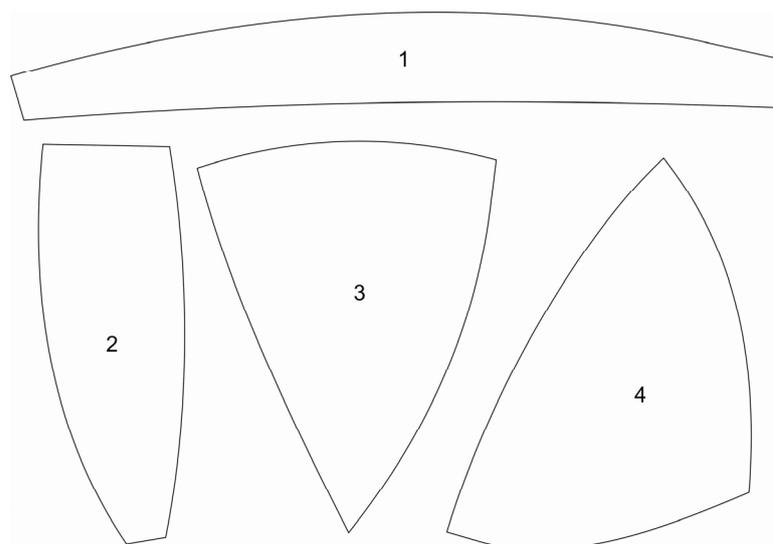


Fig. 4.28 - Malha em Jersey cortada em moldes (Dados da autora)

4.2.6.4. DESENVOLVIMENTO DE COPA EM TELA

Para além da copa em malha, desenvolveu-se também a copa em estrutura de tela. No esboço da figura 4.29 são ilustrados vários ângulos tridimensionais da copa. O protótipo foi desenvolvido de forma tridimensional em tela tipo tafetá com fios de 0,127mm, sendo que a densidade da tela é de aproximadamente 4 fios por centímetro (fig. 4.30). Para o desenvolvimento do protótipo, a estrutura da tela foi realizada com o auxílio de massa especial para modelação.

Após a tela ser estruturada, na forma de uma copa de *soutien*, a mesma foi tratada com tratamento térmico a 550°C, durante cinco minutos. O gás hélio foi colocado junto à mufla a fim de deixar a atmosfera inerte.

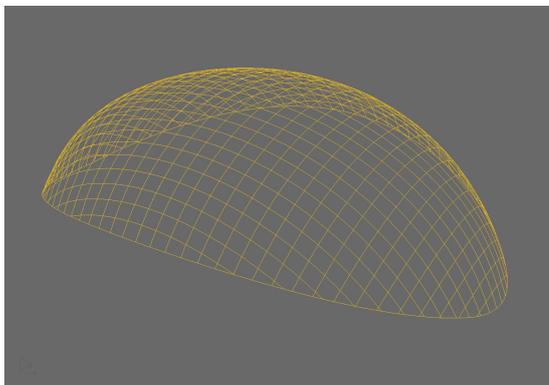


Fig. 4.29a

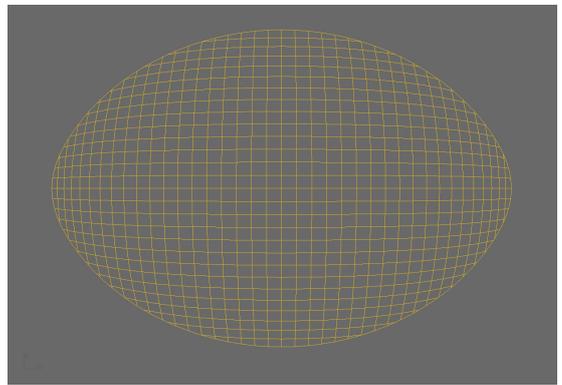


Fig. 4.29b

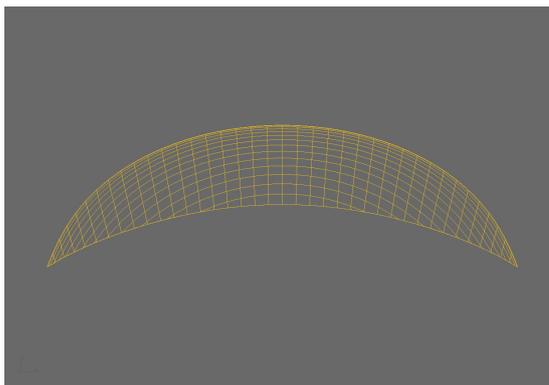


Fig. 4.29c

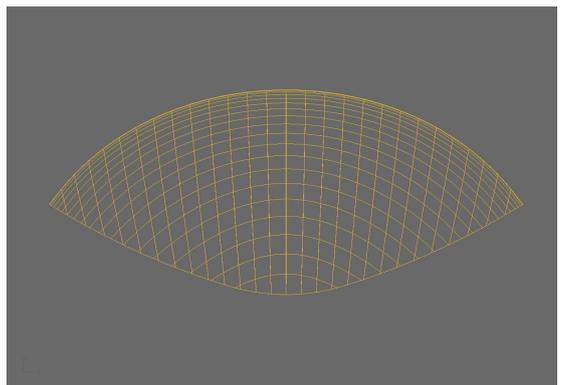


Fig. 4.29d

Fig. 4.29a - Vista tridimensional da copa em tela

Fig. 4.29b - Vista de cima

Fig. 4.29c - Vista lateral

Fig. 4.29d - Vista frontal



Fig. 4.30 - Tela tridimensional. (Foto da autora)

A seguir à etapa de processamento têxtil que foi realizada em malha e em tela, a aplicação de uma membrana de TPU respirável será feita a fim de evitar o contacto directo dos fios de metal com a mama.

4.2.6.5. APLICAÇÃO DA MEMBRANA DE TPU RESPIRÁVEL

Como já mencionado, o *soutien* é uma das peças de vestuário que está em contacto mais próximo da pele. Por isso são importantes alguns cuidados em relação a utilização das ligas metálicas de NiTi. Estas ligas têm sido extensivamente utilizadas na área médica como biomateriais com o objectivo de substituir e/ou restaurar a função de tecidos do corpo, 90% sendo que a sua utilização tem sido feita devido às capacidades pseudoelásticas do material e 10% utilizam-se das características de actuação do material (Memory Metalle Info Sheet). A partir das aplicações a que é submetida o material na biomedicina, é importante que o material apresente biocompatibilidade, o que significa que o material não deveria produzir respostas biológicas adversas ou seja, não seja tóxico, carcinogénico, ou mutagénico. A utilização das ligas metálicas como biomateriais merece cuidados, devido a liberação de ions de níquel que em contacto com substâncias ácidas (suor da pele, substâncias ácidas liberadas por bactérias em infecções ou inflamações) e que pode causar problemas à saúde como alergia e toxicidade.

A liberação de íons ocorre principalmente por corrosão das ligas metálicas, portanto é importante que estas possuam resistência à corrosão. Muitos tratamentos de superfície têm sido utilizados a fim de minimizar a liberação dos íons ao meio ambiente externo. (Morais et al 2007, Michiardi 2006).

A liga metálica escolhida para o desenvolvimento da copa é utilizada na área médica, e possui excelentes propriedades anti-corrosivas bem como excelente biocompatibilidade. Estas duas características são essenciais se tratando de biomateriais torna o produto capacitado a entrar em contacto com a pele. Entretanto, a exposição da superfície de NiTi em determinados ambientes pode ocasionar a corrosão e subsequente liberação de íons metálicos.

Para evitar possíveis problemas alérgicos causados pela liga metálica de NiTi, bem como proporcionar conforto térmico e sensorial ao utilizador, será efectuada a aplicação de uma membrana a base de poliuretano, da Bayer, 2202 AC, Walotex®. Esta membrana é respirável, ideal para a aplicação em copas, pois permitirá a passagem de vapor de água, melhorando o conforto termofisiológico e sensorial. A tabela da figura 4.6 indica demais propriedades da membrana disponibilizada pelo fornecedor.

Propriedades	Walotex 2202 AC
Densidade	1,25g/cm ²
Início de amolecimento	145-155 °C
Dureza	82 Shore A
Tensão à ruptura	25 MPa
Alongamento à ruptura	550%
Lavagem à seco	sim
Estabilidade a lavagem	< 95°C
Cor	natural

Tabela 4.6 - Propriedades da membrana Walotex (Dados do fornecedor Bayer)

O teste em relação à permeabilidade ao vapor de água foi realizado nesta membrana da mesma forma que foram realizados com as copas na fase de pesquisa dos produtos que se encontra dentro do processo de criação do produto (fase 5), o resultado do teste está ilustrado na tabela 4.7. Em relação

aos testes da membrana no aparelho alambeta, devido a baixa espessura do material, não foi possível a obtenção de resultados representativos.

Amostras	Permeabilidade ao vapor de água
Membrana	96,68%

Tabela 4.7a - Propriedades de permeabilidade ao vapor de água da membrana de TPU respirável (Dados da autora)

A aplicação da membrana à copa de malha produzida em tear retilíneo e a copa em tela tridimensional será feita com adesivo termofusivo. Em um primeiro momento, a aplicação da membrana foi testada com o adesivo Liotex UR 7503-21 UV à base de poliuretano da Henkel. O adesivo possui as seguintes propriedades:

- É apropriado para a laminação de membranas respiráveis em tecidos;
- Possui resistência química e térmica;
- Possui alta durabilidade a lavagens em temperaturas até 60°C.

A aplicação da membrana foi realizada sob condições indicadas pelo fornecedor. A temperatura indicada é de 80 a 120°C e o tempo necessário para que a colagem cure é de quatro a seis dias sob temperatura ambiente de 20°C, pelo que o tempo de cura diminuirá com temperaturas acima dos 50°C. Os testes realizados utilizaram temperaturas desde os 80 aos 120 graus, pelo que o adesivo mostrou dificuldade de aplicações mesmo aos 120°C, onde adquiriu textura mais líquida. Porém, mesmo a altas temperaturas, os testes realizados com este adesivo mostraram dificuldades de processabilidade, devido ao processo artesanal a que o protótipo foi realizado. O adesivo possui tempo de secagem muito rápida durante a sua aplicação, o que dificulta a colagem da membrana, que por ser feita em processo artesanal necessita de maior tempo para a aplicação. O adesivo aplicado é recomendável para aplicações industriais, em que são aplicados em meio ambiente e aparelhagem apropriados.

Em um segundo momento, foram realizados testes com outro adesivo, o adesivo termofusível PUR 701.6 da Kleibert a base de poliuretano. Este adesivo possui como propriedades:

- Toque suave;
- Resistência a lavagem;
- Resistência a lavagens com produtos químicos;

- Excelente resistência ao calor e frio;
- Colagem firme através da reticulação.

A aplicação foi feita segundo instruções do fornecedor, que sugere temperaturas entre 100 e 140°C. A temperatura que se verificou ideal para a aplicação do adesivo de acordo com as condições de aplicações de desenvolvimento do protótipo é de 120°C. Este adesivo mostrou melhores condições de aplicação em relação ao outro adesivo Liotex UR 7503-21 UV utilizado anteriormente. A reticulação se consegue por humidade ambiente e leva de um a três dias. A resistência final se consegue em 10 dias. A aplicação da membrana foi realizada em ambos os modelos de copas, tanto de malha como de tela.

4.2.6.6. APLICAÇÃO DA MEMBRANA EM COPA EM TELA

A aplicação da membrana na copa em tela tridimensional foi aplicada em dois moldes, de forma a moldar a membrana que não possui elasticidade à copa tridimensional (fig. 4.32). Na copa em tela, a aplicação da membrana foi feita dos dois lados da copa. A simulação da aplicação da membrana à copa em tela está ilustrada na figura 4.31.

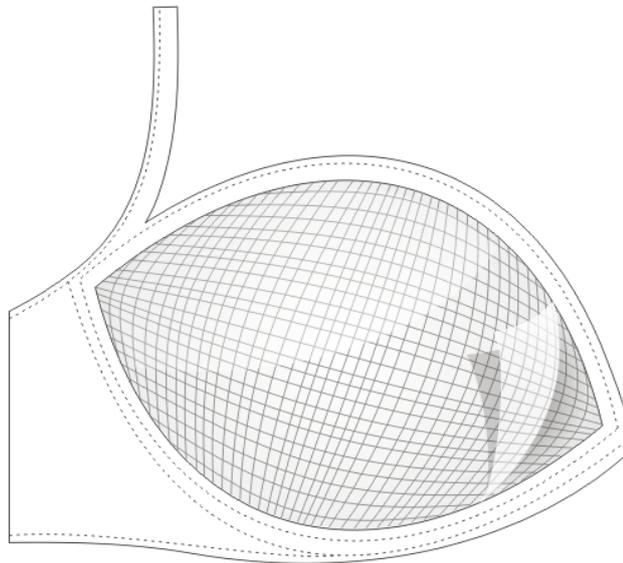


Fig. 4.31 - Ilustração da membrana aplicada à tela (Ilustração da autora)



Fig. 4.32 - Prototipagem em tela com a membrana aplicada (Foto da autora)

4.2.6.7. APLICAÇÃO DA MEMBRANA À COPA EM MALHA

A aplicação da membrana na copa de malha foi feita antes dos moldes serem cortados. Portanto, com o tecido da malha aberto (fig. 4.34), foi possível realizar a colagem da membrana e depois o recorte dos moldes. A figura 4.33 simula a aplicação dos moldes com a membrana

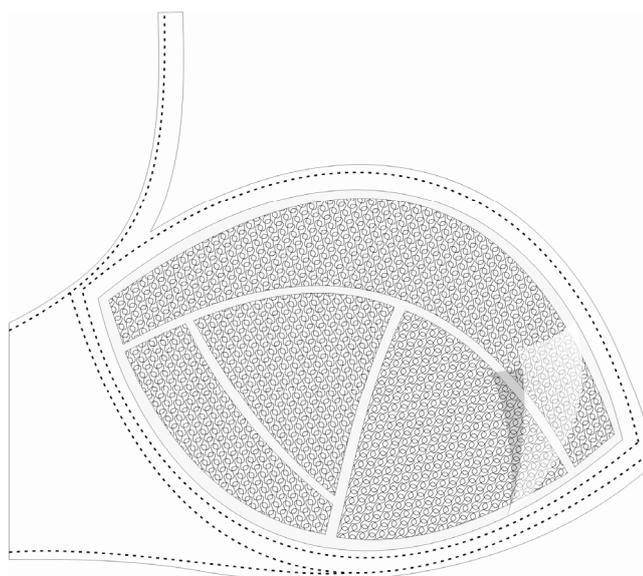


Fig. 4.33 - Simulação da copa em malha com membrana aplicada (Ilustração da autora)



Fig. 4.34 - Colagem dos moldes de SMA de tear rectilíneo à membrana (Foto da autora)

O processo de prototipagem que se iniciou com o processamento têxtil em tela e em malha, foi finalizado com a aplicação da membrana em ambos os substratos têxteis, tela e malha. A seguir, os resultados conseguidos em ambos os processamentos.

4.3. RESULTADOS

As figuras a seguir mostram os resultados obtidos com o processamento do material inteligente e posterior aplicação da membrana. A aplicação da membrana à tela pode ser visualizada na figura 4.35.

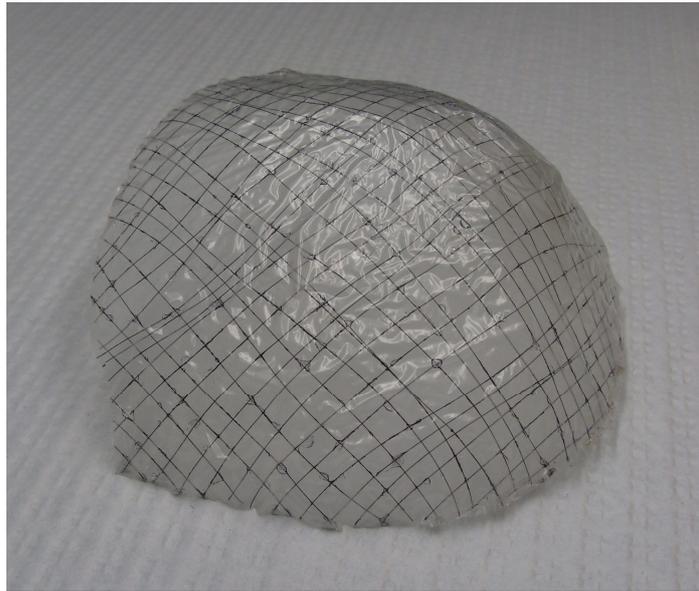


Fig. 4.35 - Resultado da copa em tela com a membrana aplicada (foto da autora)

A copa desenvolvida em malha necessitou da aplicação de tecido a fim de juntar os moldes recortados na malha de SMA. Os moldes de SMA foram revestidos com tecido tradicional de malha e depois cada parte foi costurada a fim de formar a copa tridimensional. A copa em malha se encontra ilustrada na figura 4.36.



Fig. 4.36 - Copa de SMA em malha, revestido com tecido de malha tradicional (foto da autora)

4.3.1. CUSTOS

Através da prototipagem foi possível fazer uma média de custos, que neste caso incluiu o material do SMA, inclusive os desperdícios e a membrana de TPU, que é praticamente insignificante perto do preço do SMA, e fica em torno de 0,02 euros por pad. A mão-de-obra não foi incluída pois como o protótipo foi feito de forma manual, este processo não se assemelha ao processamento industrial a que a copa seria submetida em caso de produção em grande escala. A copa em tela teve um consumo total de 4,33 metros, enquanto a copa em malha teve um consumo de matéria-prima de 75 metros, desperdiçando 25 metros de fios, devido ao desperdício ocasionado pelo encaixe dos moldes no tecido em malha. O preço final da copa em tela é de 3,52 euros e da copa em malha em torno de 54 euros contando com o desperdício 16 euros do material. A copa em tela teve custo quase 15 vezes menor que a copa produzida em malha.

4.3.2 TESTES DE FUNCIONALIZAÇÃO

Com os resultados obtidos através dos protótipos, é possível neste momento verificar a funcionalidade dos materiais desenvolvidos. A primeira copa a ser testada é a realizada em tela (fig. 4.37). Para que os testes sejam realizados, é preciso que o material seja resfriado a uma temperatura próxima a 5°C. Como mencionado, anteriormente, a fase *martensitic* do material tem início a 5°C, ou seja, esta deformará nesta temperatura e retornará com totalidade à fase final a 37°C, que é a temperatura do corpo humano.

A copa em tela a 5°C que foi colocado em contacto com as mãos para recuperar a forma, em aproximadamente 8 segundos até que retomasse a sua forma original inteiramente. Os testes em relação à copa de malha obtiveram um tempo um pouco maior. Tal factor pode ter ocorrido em razão ao tecido que foi acrescentado à copa de malha, o que está de acordo com estudos realizados pelos autores. A figura 4.38 demonstra a transformação de forma em aproximadamente cinquenta segundos.

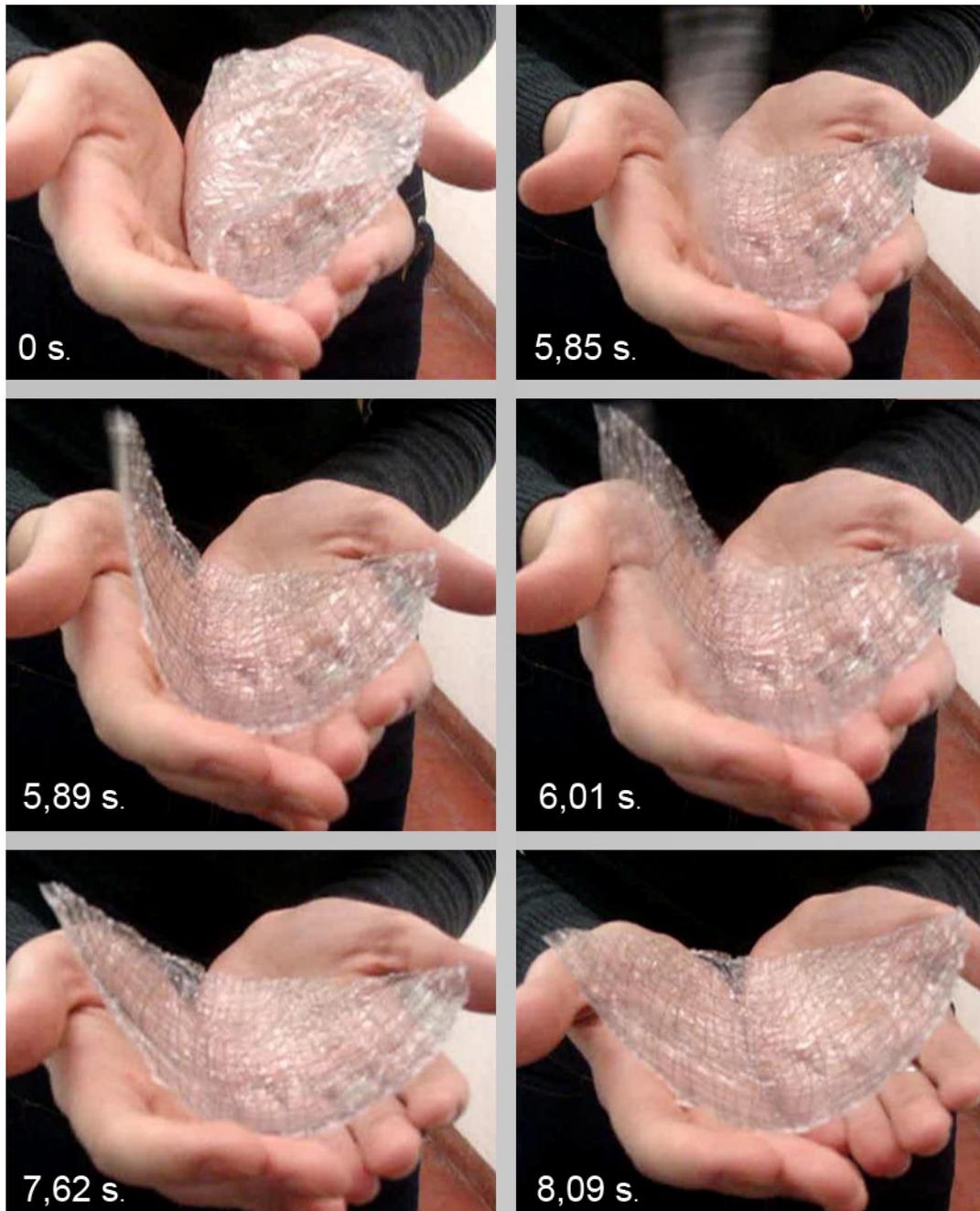


Fig. 4.37 - Transformação da copa em aproximadamente 8 segundos (foto da autora)

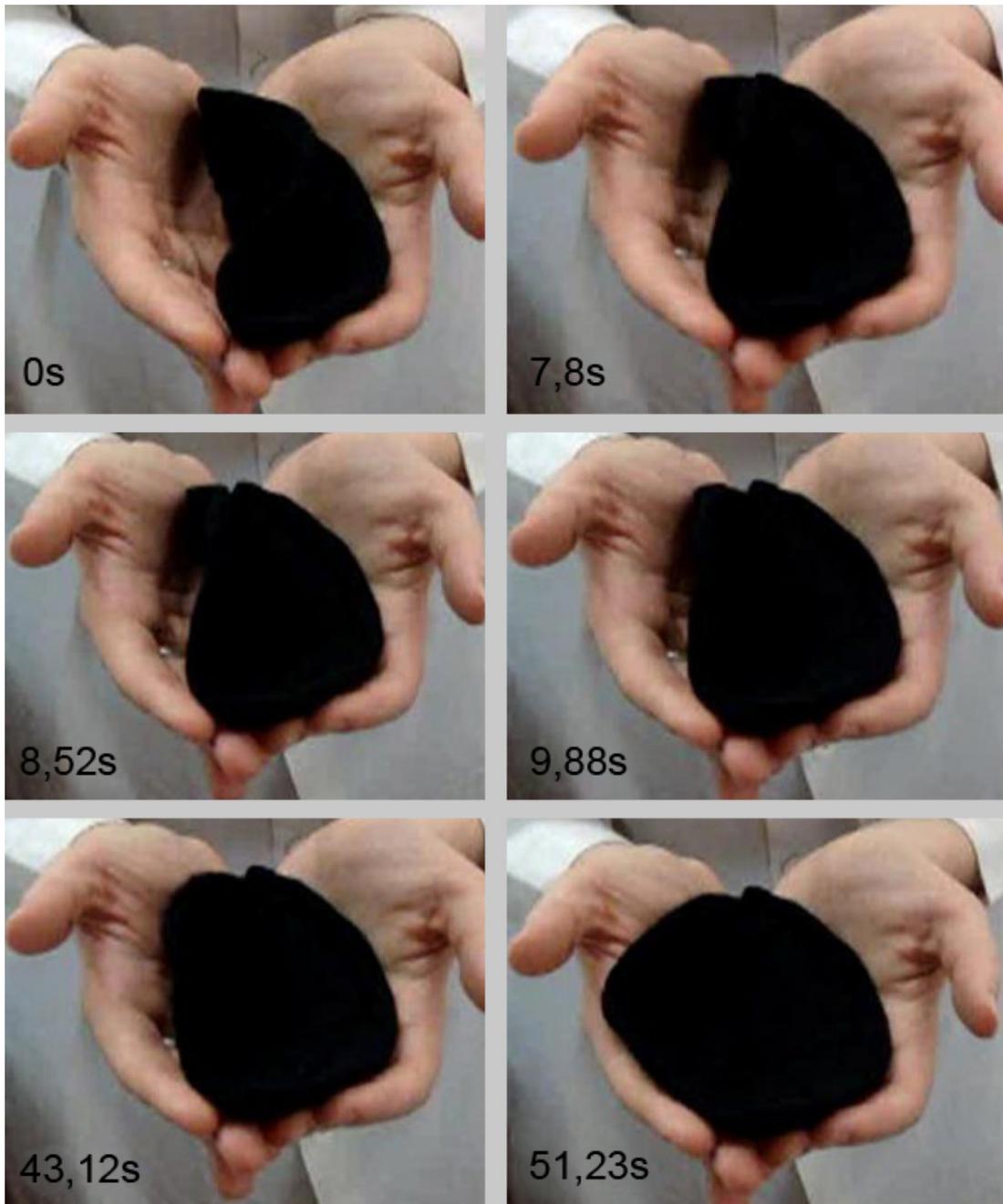


Fig. 4.38 - Transformação da copa em 50 segundos (foto da autora)

Em ambas as copas desenvolvidas, a sua utilização raramente chegará aos 5°C, para que possa ser deformada. Porém, mesmo que a copa seja deformada a temperaturas superiores a 5°C, esta,

quando sofrer qualquer tipo de deformação mecânica, voltará à forma ao qual foi memorizada, devido à sua característica pseudoelástica, ou seja, com a retirada do peso ou força que está a deformar a copa, a transformação reversa ocorre e a deformação desaparece sem a necessidade da aplicação de calor.

4.3.3. APLICAÇÃO DA COPA INTELIGENTE A UM PRODUTO DE MODA ÍNTIMA

Após os testes de temperatura realizados, é possível a aplicação das copas desenvolvidas ao *soutien*. A copa inteligente foi aplicada a um *soutien* da marca Triumph. A escolha da aplicação a esta marca se deve a consagração da marca, que hoje é líder no mercado português de vestuário interior feminino, a “Triumph Internacional, Sociedade de Têxteis e Confecções, Lda.” subsidiária da alemã Triumph International, que possuiu os seguintes segmentos de *corseterie*: *Maternity*, *Sports*, *Classics*, *Everyday*, *Fashion* e *Highlights*.

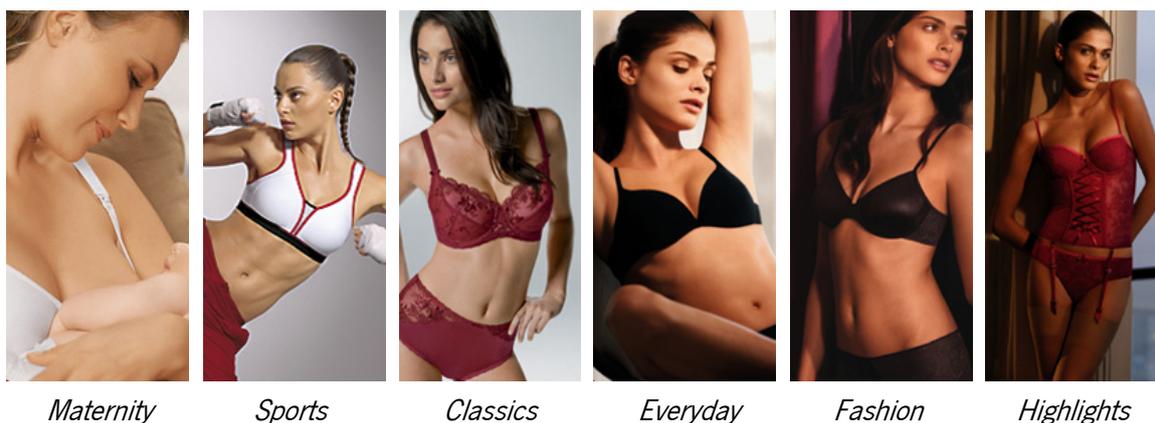


Fig. 4.39 – Coleção de *Lingerie* Triumph (Corseterie Triumph 2008)

A Triumph é uma marca global de *lingeries* lançadora de tendências no mercado, com actuação em mais de 120 países e 30 mil funcionários ao redor do mundo, a empresa obteve um faturamento anual superior a US\$ 1,6 bilhão, a empresa lança colecções bienais e colecções especiais em datas comercialmente interessantes para o mercado de *lingerie*, em feiras de internacionais por todo o mundo (Corseterie Triumph 2008).

A ideia de aplicação da copa inteligente e respirável ao vestuário de moda íntima não tem como objectivo torná-lo passageiro, nem mesmo descartável, mas sim utilizar-se do veículo de promoção, a que a moda foi identificada para tal função, visto que a aparência é crucial para o sucesso dos produto, e

através desta conjugação de moda mais desempenho: por um lado acrescentar valor ao vestuário de moda íntima, e por outro, promover o têxtil inteligente.

O desenvolvimento da copa inteligente e a sua consequente aplicação se utilizou do vestuário de moda íntima com valores estéticos como suporte para a sua aplicação; assim leva ao quotidiano da mulher melhoria nas questões da funcionalização e desempenho do *soutien*. Este desenvolvimento, feito em cima da percepção das reais necessidades da mulher em relação a conforto e praticidade, através dos testes de utilizador e testes em laboratório com Alambeta e permeabilímetro ao vapor de água.

O aspecto do conforto foi proporcionado através da melhoria no conforto sensorial e termofisiológico com a utilização da membrana respirável. Em relação a praticidade, a copa possui memória de forma, por isso, volta a forma a que foi memorizada assim que se desejar, apenas colocando a copa em contacto com o calor do corpo humano. Ou seja, sempre que a mulher vestir o *soutien*, ele rapidamente recupera a forma original.

A figura 4.40 ilustra a aplicação da copa de tela ao *soutien*. Neste caso o tecido que será aplicado na parte de dentro do *soutien*, em cima da membrana não foi aplicado, a fim de visualizar da melhor forma a copa com memória de forma.



Fig. 4.40 – Copa em tela aplicada ao *soutien* (foto da autora).

A figura 4.41 ilustra a copa feita em malha. Neste caso, os moldes de SMA em malha, revestidos com tecido de malha tradicional, não precisam de outro tecido sobreposto, já que a malha de SMA foi já revestida com a malha.



Fig. 4.41 – Copa de malha aplicada ao *soutien* (foto da autora).

4.3 4. TESTES COM A UTILIZADORA

Testes foram realizados com uma usuária a fim de perceber questões de conforto ergonómico e sensorial, termo-fisiológico bem como ao conforto psicológico percebidos pela usuária. O teste foi realizado em uma única usuária por se tratar de uma peça de vestuário íntimo e por terem sido realizados dois protótipos de copa, um em malha e um em tela.

A usuária comentou que os *soutiens* que se utilizam de copas estruturadas do tipo esponja acabam por achatar os seios, e com isso realçam os mesmos. Segundo a usuária, ambas as copas moldaram os seios, realçando-os, causando o mesmo efeito que o *soutien* de esponja porém sem achatá-los.

Em relação ao conforto sensorial e ergonómico, a utilizadora não percebeu grandes diferenças em relação ao *soutien* normal, sentindo-se confortável e ainda não sentiu os seios comprimidos, que é um comportamento comum nas copas estruturadas de esponja.

Quanto ao conforto termo-fisiológico, a utilizadora não percebeu problemas em relação ao aquecimento do material, e nem mesmo em relação ao suor. Situação contrária aos testes de utilizador e de laboratório que constatou problemas em relação aos aspectos de conforto sensorial e termo-fisiológico das copas disponíveis no mercado de moda íntima.

Por fim, a utilizadora ficou surpresa com o realce que o *soutien* proporciona aos seios, pois quando observou a copa e reparou na espessura do material e do tecido utilizado não esperava que a mesma fosse proporcionar realce igual ou melhor que as copas comuns de esponja utilizadas pela maioria das marcas de vestuário de moda íntima.

4.3 5. QUESTÃO DA SUSTENTABILIDADE

Uma das etapas do projecto de um produto, é reflectir sobre a questão da sustentabilidade. O produto desenvolvido, não utiliza materiais reciclados, nem tampouco pode ser reciclado após a finalização do ciclo de vida do produto. Porém pensa um pouco além da questão que comumente é abordada quando se trata de sustentabilidade, e propõe o desenvolvimento de um produto com ciclo de vida mais longo.

O conceito de sustentabilidade tem sido muito difundido em diversas áreas inclusive na área do design. Segundo o relatório Brundthland, publicado em 1987 e elaborado pela Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, alerta sobre os riscos excessivos de utilização dos recursos naturais, o desenvolvimento sustentável define-se como “o desenvolvimento que satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades”.

Quando o conceito de sustentabilidade entra na área do design, este torna-se mais específico, “com a expressão design para a sustentabilidade entende-se o acto de projectar produtos, serviços, sistemas com um baixo impacto ambiental e uma alta qualidade social.” (Vezzoli, C, 2008, pp.197) Portanto, o desafio do século XXI em relação ao design é abolir ou minimizar os impactos de todos os produtos no meio ambiente. Como todos os desafios, este reflecte oportunidades de design incluindo o processo de desenvolvimento e produção, assim como bens de consumo a serem exploradas. (Fuad-Luke, 2005).

O design sustentável exige por parte do designer atenção às etapas de ciclo de vida do produto *life cycle design* (LCD) tendo cuidado com o impacto que cada processo acarretará ao meio ambiente. As etapas abrangem:

1. Pré-produção, o material a ser utilizado;
2. Produção, processos de fabrico, montagem e acabamento, que sejam eticamente correctos;
3. Distribuição, transporte e armazenamento do produto;

4. Uso do produto por parte do consumidor, recursos necessários para o seu uso;
5. Destino final, que será dado ao produto depois do seu uso.

O sector têxtil e do vestuário, está em constante crescimento, e a produção de bens de consumos têxteis está acelerando cada vez mais. Quando aplicamos o conceito de sustentabilidade ao design de produtos de moda, os processos descritos acima se tornam conflituosos, devido às consequências que o alto consumo de produtos de moda geram. A pressão por parte da mídia para que os consumidores troquem de guarda-roupa constantemente, consequência do advento “*fast fashion*”, gera altos níveis de consumo devido às tendências de moda que estão sempre a mudar e pelo insaciável desejo do consumidor por novidades. Através da compra de produtos de moda, o consumidor goza novas experiências, reforça a sua identidade e seu status, deixando de lado as preocupações com a sustentabilidade do produto (Fletcher 2008).

A moda, identificada como um fenómeno sociocultural tem um papel importante na sociedade, na maior parte das vezes deixa de lado as questões morais e sociais do meio ambiente. As roupas estão se tornando cada vez mais baratas e os consumidores estão a comprar cada vez mais. O consumo excessivo dos produtos de moda que promove a curto prazo satisfação das necessidades gera um aumento exacerbado na produção de tecidos e vestuário e acaba por ter como consequência a utilização excessiva de recursos, fazendo aumentar o impacto ambiental. Os processos de limpeza e descarte que ocorrem no fim do ciclo de vida do vestuário também prejudicam a qualidade ambiental. O fim da vida útil para roupas de moda é um tanto quanto relativo. A roupa ainda pode estar em perfeitas condições de uso porém por motivos de troca de tendências de estação ou gostos pessoais, a roupa deixa de ser usável, e é passada adiante ou posta ao lixo. Estima-se que no Reino Unido, seja deitado ao lixo cerca 30 quilos por anos de roupa per capita (Allwood, J. et al, 2006).

Para Vezzoli, o excesso de consumo de água e energia por parte do processo de fabrico do vestuário em relação ao consumo na produção de peças, que inclui a produção de fibras e tecidos, a lavagem e secagem, pode ser amenizado com o prolongamento da vida útil do vestuário e com a intensificação de utilização das roupas. Desta forma, se diminui a quantidade de trajes produzidos e por consequência, se descartam menos roupas. Vezzoli ainda acrescenta: “necessitamos de mudanças, seja no nível da oferta, seja no da procura: é preciso mudar a atitude social e a cultural ligadas ao modo de

entender o vestir, bem como o critério e a forma de limpeza e manutenção dos itens do vestuário” (Vezzoli, 2008).

Seguindo esta mesma vertente de pensamento, do prolongamento da vida útil dos produtos, Fred Gelli, ecodesigner, que trabalha com o design de embalagens e que desde antes o assunto da sustentabilidade no design entrar em voga buscava inspiração na natureza no desenvolvimento de novos produtos, um dos desafios para o design em relação ao futuro está relacionado com o consumo: “o design ajudará a rever essa relação com o consumo. Precisaremos criar com poucos recursos, produtos que sejam tão interessantes que despertem nas pessoas o desejo de ficar com eles por mais tempo” (Kalil, 2008).

A fim de mudar os rumos a que a moda está a tomar, com a ausência de preocupação e responsabilidade com as questões ambientais, é preciso que os designers desenvolvam produtos de forma mais flexível e inteligente, bem como reconhecer as reais necessidades dos consumidores a fim de criar produtos que possam ter prazo de vida útil prolongado devido a satisfação dos consumidores para com as qualidades que o produto possui, satisfazendo assim as suas necessidades fisiológicas e psicológicas.

As tecnologias inteligentes que estão a ser incorporadas no vestuário vêm de encontro às ideias de prolongamento da vida útil do vestuário, mencionadas por Vezzoli e Gelli, justamente com a ideia de não satisfazer somente as falsas necessidades psicológicas dos consumidores através do consumo exagerado. A aplicação dos têxteis inteligentes a produtos de moda adiciona à roupa funcionalidade, funcionalidade esta que surge como solução a problemas da vida quotidiana do ser humano, se modificam e se adaptam a partir da colecta de informações fornecidas pelo corpo humano.

A aplicação destes tecidos a produtos de moda faz com que a vestimenta se torne mais funcional, porém sem menos atributos estéticos, o que tornaria a roupa desejável na hora da compra bem como mais durável em termos de prolongamento do ciclo de vida, ou seja, o usuário se sentiria atraído na hora da compra e durante o ciclo de vida do mesmo. Devido aos seus atributos “especiais” que satisfazem as suas necessidades como ser humano tanto na parte psicológico quanto na parte fisiológica.

Em recente conferência sediada na Suécia, *Ambience 08*, que teve como foco têxteis inteligentes, design e tecnologia, teve como final discussão o design de têxteis inteligentes e o problema da sustentabilidade. Em um primeiro momento, a discussão resultou em muitas críticas a redor dos

têxteis inteligentes no que concerne à falta de preocupação dos fabricantes em utilizar materiais e processos ecologicamente correctos, e o descaso no que se refere ao destino final dos produtos, principalmente quando se inclui o conceito de têxteis electrónicos aos têxteis inteligentes. Porém, um quesito que foi abordado pelos conferencistas, foi de que os têxteis inteligentes podem adquirir qualidades que os têxteis tradicionais não têm, podendo levar à diminuição da necessidade de compra. Tomamos como exemplo os tecidos com microcápsulas termoreguladoras: um vestuário com estas propriedades adquire propriedades multifuncionais, proporcionando ao usuário um vestuário que possui propriedades arrefecedoras com o aumento da temperatura e aquecedoras com a diminuição da temperatura do meio ambiente. Em outras palavras, o consumidor tem acesso a um vestuário que é adequado a varias situações climáticas, ou seja em uma roupa só possui várias, o que poderia vir a diminuir a necessidade de compra.

O aumento do ciclo de vida do produto é um aspecto que se faz presente na *soutien* criado, com a aplicação de uma copa inteligente, pois possui características de estéticas e funcionais, ou seja um produto com design que agrega funcionalidade à moda, que satisfaz as necessidades reais da mulher, psicológicas e de desempenho; Portanto, é um produto que pode despertar desejo na mulher de prolongar o ciclo de vida do *soutien* e ficar mais tempo com o mesmo.

Além do ciclo de vida prolongado por aspectos psicológicos, o *soutien* poderá prolongar a vida devido à resistência que o material empregado na copa possui em relação à lavagens, corrosão e por isso é um material resistente que pode durar mais tempo, sem sofrer degradação.

Cap. V

:

Conclusão

5.1. CONCLUSÃO

O objectivo do presente trabalho foi, desde o início a aplicação de têxteis inteligentes a produtos de moda. E por que a aplicação em produtos de moda em específico? Pois a moda foi identificada como um veículo de promoção dos têxteis inteligentes e o mercado de moda está a perceber esta tendência aos poucos. Com o estudo sobre as tecnologias inteligentes existentes e as aplicações de tais tecnologias aos produtos de moda, foi possível identificar duas vertentes a que os têxteis inteligentes estão a ser utilizados, a estética e a funcional. Para além disso, percebe-se que a vertente estética está a ser incorporada principalmente no vestuário de moda conceitual. Os designers conceituais estão a utilizar estes recursos de mudança de forma, cor e tamanho, a fim de expressar as suas ideias no design têxtil e do vestuário. Apesar dos têxteis inteligentes já estarem a ser utilizados com propósito estético, esta área ainda se mostra tímida, devido aos materiais e processos que estes tecidos implicam e que ainda possuem altos custos e escassez.

No que diz respeito a aplicação dos têxteis inteligentes funcionais a produtos de moda percebe-se que este está a aumentar. Os têxteis inteligentes com vertente funcional ultrapassaram a fronteira do vestuário desportivo e militar, e estão aos poucos a ser incorporados por grandes marcas, fazendo com que a promoção dos mesmos seja mais veloz e que cheguem ao consumidor final.

Em relação aos SMM em específico, que foi o material utilizado neste trabalho, foi possível após estudo comparativo perceber propriedades entre os SMP e os SMA, principalmente ao que diz respeito a aplicação destes materiais a têxtil. Porém o SMP possui uma grande desvantagem em relação ao SMA, que é a inacessibilidade do material o que impossibilita a sua utilização por parte de pesquisadores académicos.

Porém, apesar da inacessibilidade do SMP, e a consequente utilização do SMA no presente estudo, conclui-se que a aplicação do mesmo que foi feita em malha e em tela, correu de forma muito satisfatória. Na copa em tela, percebe-se a funcionalização do material de forma mais visível, pois o mesmo foi feito de forma inteira, tridimensional, sem recortes e não apresentou muitas dificuldades de processabilidade do material: o fio de SMA pode ser processado em *coldwork*. Já em relação à copa em malha, não se pode dizer o mesmo, pois, para o seu desenvolvimento foi necessário um pré-tratamento do fio, a fim de melhorar a sua extensibilidade. Sendo assim, alguns recursos que não são utilizados usualmente foram incluídos no processamento têxtil. A inclusão de fios naturais antes do tratamento

térmico, que geralmente não é feita pois este queima na temperatura a que é submetido a 500°C, foi utilizado no experimento com a malha a fim de melhorar a extensibilidade do fio. Foi constatado também que depois de memorizado, o fio adquire melhor extensibilidade e conseqüentemente melhora a processabilidade. Porém, apesar de todos os artificios testados a fim de melhorar as propriedades elásticas do fio, não foi possível que a copa fosse realizada de forma tridimensional, pois necessitava de mais elasticidade para que fosse possível realizar as laçadas que são requeridas para o desenvolvimento tridimensional.

Além da copa em malha possuir dificuldades de processabilidade, necessitar de pré-tratamento, e não ter sido realizada inteira, a mesma utiliza uma quantidade demasiado grande de fios, o que faz aumentar o custo do produto, além de demorar um tempo maior de transformação do material em relação à copa em tela. Portanto a partir de destes três quesitos: processabilidade, gastos de matéria-prima e forma do produto final, conclui-se que a copa em tela possui vantagens em relação a copa em malha, mostrando-se mais coerente no processo de design.

Quanto à real função do material, verifica-se depois dos testes que o material funciona, dentro das suas condições de temperatura final *martensite* (5°C). Apesar do material, quando estiver sendo utilizado pela consumidora final raramente chegue a temperatura dos cinco graus para que seja deformado, conclui-se que este se encaixa dentro das necessidades entendidas pelas consumidoras pois raramente deformará, e mesmo que se deforme, o material se utilizará de propriedades pseudoelásticas do material e retornará à forma a que foi memorizada.

Os problemas relatados pelo teste de utilizador e testes em laboratório que acusaram fluxo de calor baixo e falta de permeabilidade ao vapor de água nos *soutiens* existentes no mercado foram melhorados no produto desenvolvido, pois a este foi aplicado uma membrana respirável, além de que a tela de SMA tem densidade de 4 fios por centímetro, o que facilita a passagem de fluxo de calor e vapor de água.

Os testes com a utilizadora se mostraram satisfatórios, pois a copa evidenciou ser capaz de substituir as copas existentes em espuma, mesmo que esta possua baixa espessura, pois proporciona na mesma óptimo realce aos seios, sem comprimi-los, devido à sua forma estruturada. Em relação ao “toque” que foi percebido pelo conforto sensorial da usuária, o mesmo se mostrou satisfatório.

Os resultados obtidos permitem concluir que os objectivos nomeados no início deste trabalho foram atingidos na sua totalidade. Tendo-se obtido um produto que pode ter potencialidades de vir a ser comercializado após um estudo mais pormenorizado.

5.2. PERSPECTIVAS FUTURAS

Como continuação da pesquisa, dever-se-a produzir diversos protótipos de uma forma sistematizada, com várias tipos de copa, densidades de fios e diversos diâmetros fios de SMA, a fim de serem levados a cabo testes feitos por utilizadores e desta forma obter-se a confirmação da aplicação deste material em roupa íntima feminina. Pretende-se da mesma forma a realização de testes em relação ao conforto termofisiológico e sensorial em laboratório, de maneira a verificar a veracidade da avaliação positiva que a copa obteve em relação ao teste de utilizador.

Quanto ao material, em futuras pesquisas, pretende-se experimentar o material *shape memory polymer*. Esperamos que nos próximos anos o material esteja acessível no mercado, possibilitando assim a experimentação do mesmo em copas de *soutien* possibilitando o melhoramento de toque e de custos, propriedades estas que foram identificadas como as mais vantajosas em relação ao material *shape memory alloy*.

BIBLIOGRAFIA

Allwood, J. et al, 2006. *Well Dressed? The present and future sustainability of clothing and textiles in the United Kingdom*. Cambridge: University of Cambridge Institute for Manufacturing.

Ariyatun. B., Holland, R. & Kazi, T., 2005. The future design direction of Smart Clothing Development. *Journal of the Textile Institute*. 96 (4), p.199 – 210.

Auricchio F., Taylor, R.L. & Lubliner, J., 1997. Shape-memory alloys: macromodelling and numerical simulations of the superelastic behaviour. *Computer methods in applied mechanics and engineering*. 146, p. 281-312

Azuma, N. & Fernie, J., 2003. Fashion in the globalized world and the role of virtual networks in intrinsic fashion design. *Journal of Fashion Marketing and Management*. 7 (4), pp. 413 - 427.

Babin, B.J., 1994. Work and/or fun: measuring hedonic and utilitarian shopping value', *Journal of consumer research*, vol. 20, pp. 644-656.

Baldini, Masimo., 2006. *A invenção da moda*. Lisboa: Edições 70.

Baurley, S., 2003. Smart textiles for future intelligent consumer products. *The institution of Electrical Engineers*. p. 73-75.

Baurley, S., 2004. Interactive and experiential design in smart textile products and applications. *Pers Ubiquit Compt*. 8, p. 274-281.

Bell, Q., 1976. *On human Finery*, London: Hogarth Press. 1976. em Kawamura, Y., 2005. *Fashion-ology, an introduction to Fashion Studies*, New York: Berg.

Berglin, L. et al, 2005. Smart Textiles - what for and why. *Textile Journal*, pp. 47-50.

Berzowska, J., 2005. Electronic Textiles: Wearable Computers, Reactive Fashion, and Soft Computation. *Textile*. 3, p.2-19.

Best, K., 2008. *Design Management, Managing Design Strategy, Process and Implementation*. London: Ava.

Black, S., 2006. *Fashioning fabrics, contemporary textiles in fashion*. London: Black Dog Publishing Limited.

Bonnot, E., Vives, E., Mañosa, L., & Planes, A., 2007. Learning through cycling in martensitic phase transitions, *Materials Science and Engineering*. 20 (4), p. 644-56

Braddock, S.E., & Clarke, M.O., 2005. *Techno Textiles*. London: Thames and Hudson.

Braga, J., 2006. *Reflexões sobre moda*. São Paulo: Editora Anhembi Morumbi.

Brenninkmeyer, I., 1963. *The sociology of fashion*, Koln-Opladen: Westdeutscher. em: Kawamura, Y., 2005. *Fashion-ology, an introduction to Fashion Studies*, New York: Berg.

Buehler, W.J., & Wang, F.E. 1967. A Summary of Recent Research on the NITINOL Alloys and their Potential Application in Ocean Engineering. *Ocean Engineering*. 27, p. 105–120.

Boussu F. & Petitniot J.L., 2002. Development of Shape Memory Alloy fabrics for damping and shape control of composite structures, *World Textile Conference – 2nd AUTEX Conference, Textile Engineering at the dawn of a new millennium: an exciting challenge*, Bruges, Belgium, 1–3 July, em Matilla H. 2006, (ed) *Intelligent Textiles and Clothings*. Cambridge: The Textile Institute, Woodhead Publishing limited.

Chan, Y.Y.F. & Stylios, G. K., 2003. Designing Aesthetic Attributes with Shape Memory Alloy for Woven Interior Textiles. *INTEDEC 2003, Fibrous Assemblies at the Design and Engineering Interface*, Edinburgh,

UK, September, em Matilla H. 2006, (ed) *Intelligent Textiles and Clothings*. Cambridge: The Textile Institute, Woodhead Publishing limited.

Colchester, C. 2007. *Textiles Today, a global survey of trends and traditions*. London: Thames and Hudson.

Congalton, D., 1999. Shape Memory Alloys for Use in Thermally Activated Clothing, Protection against Flame and Heat, *Fire and Materials*. 23, p. 223-226.

Csikszentmihalyi, M., 1997. *Creativity: Flow and the Psychology of Discovery and Invention*, New York: HarperCollins, em: Best, K., 2008. *Design Management, Managing Design Strategy, Process and Implementation*. London: Ava.

Cunha, J. 2005. *Sebenta de Ciência do Conforto*, Mestrado em Design e Marketing.

Dewsnap, B. & Hart. C., 2001. An exploratory study of the consumer decision process for intimate apparel. *Journal of Fashion Marketing and Management & Henry Stewart Publications*. 5 (2), p.108-119.

Dumont, G. & Kühl, C., 2005. Finite element simulation for design optimisation of shape memory alloy spring actuators. *International Journal for Computer-Aided Engineering and Software*. 22 (7), p. 835-848.

Eco, H., Alberoni, F. & Dorffles, G., 1989. *A Psicologia do Vestir*, Lisboa: Assírio & Alvim.

Farrell-Beck, J., Poresky, L., Paff, J. & Moon, C., 1998. Brassieres and women's health from 1863 to 1940. *Clothing and Textiles Research Journal*. 16 (3) p. 105-115.

Fiell, C. & Fiell, P., 2005. *Design do Século XX*, Köhn: Taschen.

Fisch, M.A., 1997. *Textile Techniques in metal for jewellery textile artists and sculptors*. London: Robert Tate.

Frydrych, I., Dziworska, G. & Bilska, J., 2002. Comparative Analysis of the Thermal Insulation Properties of Fabrics Made of Natural and Man-made Cellulose Fibres. *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, p. 40-44, Oct/Dec.

Fuad-Luke, A., 2005. *The eco-design hand book – a complete sourcebook for home and office*, London: Thames and Hudson.

Goldsberry, R. E., Shim, S. & Reich, N., 1996. Women 55 years and older: Part II overall satisfaction and dissatisfaction with the ready-to-wear. *Clothing and Textiles Research Journal*. 14 (2), p. 121-132.

Gould, P. 2003. Textiles gain intelligence. *Materials today*. 6 (10), p. 38-43.

Hebert, P., 2006. Nanotechnology in \$32 billion worth of products; global funding for nanotech R&D reaches \$9.6 billion. *Research releases Lux. In: The Nanotech Report, 4th Edition*. May 8.

Honkala, M. 2006. Introduction to shape memory materials, em Matilla, H (ed) 2006, *Intelligent Textiles and Clothings*, Cambridge: The Textile Institute, Woodhead Publishing Limited.

Hu, J.L., 2007. *Shape memory polymers*, Cambridge: Woodhead Publishing limited.

Joly D., Petitniot J-L., *Etude de l'effet amortissant de fils d'AMF dans des pouters en composite verre-époxy*, Août 1999, RT n° 99/29, Onera, em: Matilla, H (ed) 2006, *Intelligent Textiles and Clothings*, Cambridge: The Textile Institute, Woodhead Publishing Limited.

Kalil, M., 2008. Você precisa de um ecodesigner? *Revista Época Negócios*, Fevereiro de 2008, Editora Globo, São Paulo.

Kawamura, Y., 2005. *Fashion-ology, an introduction to Fashion Studies*. New York: Berg.

Kennet, F., 1983. *FASHION, The collector 's book of twentieth-century*. London: Granada Publishing Limited.

Kirk, W.J. & Ibrahim, S.M., 1966. Fundamental Relationship of Fabric Extensibility to Anthropometric Requirements and Garment Performance. *Text. Res. J.*, em: Li, Y., 1999. Science of Clothing Comfort *Textile progress*, 31.

Koeing, R., 1973. *The restless image: A sociology of fashion*. London: George Allen & Unwin, Ltd, em Kawamura, Y., 2005. *Fashion-ology, an introduction to Fashion Studies*. New York: Berg.

Langenhove, L.V., & Hertleer, C., 2004. Smart clothing: a new life. *International Journal of Clothing Science and Technology*. 16 (1/2), p. 63-72.

Laschuk, T. & Souto, A., 2008a. Comparative Research of two Smart Materials for application in Fashion Textile Design, *Proceedings of 3rd International Nanotechnology on 'Nanotechnology and Smart Textiles for Industry, Healthcare and Fashion', 19th March 2008, The Royal Society London*.

Laschuk, T. & Souto, A., 2008b. Incorporation of SMA Technologies in Fashion Underwear Apparel, *Proceedings of Ambience 08, Boras, Sweden*.

Laschuk, T. & Souto, A., 2008c. Design de moda com memória de forma. *Anais do Congresso em Pesquisa e Design, P&D*, 8 a 11 de Outubro, São Paulo, Brasil.

Laschuk, T., Nascimento, J. & Oliveira, F. 2008. Nanotechnologies as Improvement of Fashion Textile Design, *Proceedings of 4th INTERNATIONAL TEXTILE, CLOTHING & DESIGN CONFERENCE – Magic World of Textiles, Dubrovnik, October, 5-8*.

Laschuk, T., Picoli, J.I. & Cunha, J. 2008. Baby Carrier Dress, *Proceedings of AUTEX 2008 – World Textile Conference*, Junho 24-26, 2008, Biella - Italia.

Laschuk, T. Picoli, J.I. & Cunha, J., 2008. Multifunctional Baby Carrier Dress. *Proceedings of 4th INTERNATIONAL TEXTILE, CLOTHING & DESIGN CONFERENCE – Magic World of Textiles*, Dubrovnik, October, 5-8.

Laschuk, T. Picoli, J.I. & Cunha, J., 2008. Vestido Canguru Multifuncional, *Anais do Congresso em Pesquisa e Design, P&D*, 8 a 11 de Outubro, São Paulo, Brasil.

Laurent, G. & Kapferer, J.N., 1985. Measuring consumer involvement profiles. *Journal of Marketing Research*. 22, p. 41-53.

Laver, J., 1999. *A Roupas e a Moda: uma História Concisa*. São Paulo: Companhia das letras.

Lee, S., 2005. *Fashioning the future: Tomorrow's Wardrobe*. Thames and Hudson, London.

Leuthold, M. & Duss, B., 2004. *Fabric and Fashion at Jakob Schlaepfer*, St. Gallen: Blendwerk.

Li, Y., 1998. The objective assessment of comfort of knitted sportswear in relation to psycho-physiological sensory studies. Leeds: The University of Leeds, PhD Thesis, em: Y. Li., 1999. *Science of Clothing Comfort*. Textile progress, 31.

Lipovetsky, G., 1989. *O império do efêmero, a moda e seu destino nas sociedades modernas*. São Paulo: Companhia das letras.

Lurie, A., 1992. *A Linguagem das roupas*. Rio de Janeiro: Editora Rocco.

Lynch, A. & Strauss, M.D., 2007. *Changing Fashion, a critical Introduction to Trend Analysis and Meaning*. New York: Berg.

Maeshima, T., Ushimaru, S., Yamauchi, K. & Nishida, M., 2006. Effect of heat treatment on shape memory effect and superelasticity in Ti–Mo–Sn alloys. *Materials Science and Engineering A*, 438–440, p. 844–847.

Marks, P., 2001. Sleeves Up. *New Scientist*, 2301, p. 24, 28 July.

Marzano, S., 2000. The quest for power, comfort and freedom. em Eves, D. et al., 2001. New nomads: An exploration of wearable electronics by Philips, *OIO Publishers*, Rotterdam, p. 4–9.

Marzano S, 2003. The new everyday: views on ambient intelligence. *OIO Publishers*, Rotterdam, em Baurley, S., 2004. Interactive and experiential design in smart textile products and applications. *Pers Ubiquit Compt.* 8, p. 274-281.

Matilla, H (ed) 2006, *Intelligent Textiles and Clothings*, Cambridge: The Textile Institute, Woodhead Publishing Limited.

Matusiak, M., 2006. Investigation of the Thermal Insulation Properties of Multilayer Textiles, *FIBRES & TEXTILES* in Eastern Europe. 14 (5), p.59.

McCann, J., Hurford, R. & Martin, A., 2005. A Design Process for the Development of Innovative Smart Clothing that Addresses End-User Needs from Technical, Functional, aesthetic and Cultural View Points. *Proceedings of the 2005 Ninth IEEE International Symposium on Wearable Computers (ISWC'05)*.

McWilliams, A., 2004. GB-309 Smart and Interactive Textiles. *Business Communications Company Inc.* Norwalk, CT.

Michiardi, A., 2006. Nuevo tratamiento de oxidación en aleaciones de NiTi para aplicaciones biomédicas. Caracterización superficial y respuesta biológica in vitro. Universitá Politécnicá Catalunyá. Tese Doutorado.

Miller, E., 1992. *Textiles, properties and behaviour in clothing use*. London: B T Batsford.

Mete, F., 2006. The creative role of sources of inspiration in clothing design. *International Journal of Clothing Science and Technology*. 18 (4), p. 278-293.

Morais, L.S. & Guimarães, E.C.N., 2007. Liberação de íons por biomateriais Metálicos. *Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Facial*, 12 (6).

Norstebo, C.A., 2003. Intelligent Textiles, Soft Products. *Journal of Future Materials*, Sept/Oct.

Nurveren, K., Akdogan, A. & Huang, W.M., 2008. Evolution of transformation characteristics with heating/cooling rate in NiTi shape memory alloys. *Journal of materials processing technology*. 196, p. 129–134.

O´hara, G., 1999. *Enciclopedia da Moda, de 1940 à década de 80*. São Paulo: Companhia das Letras.

Otsuka, K. & Ren, X. 2005. Physically metallurgy of Ti–Ni-based shape memory alloys. *Progress in Materials Science*. 50, p. 511–678.

Parthasarathi, V. 2008. Nanotechnology adds value to textile finishing. *The Indian Textile Journal*. January.

Patoor, E., Lagoudas, D.C., Entchev, P.B., Brinson, L.C. & Gao, X., 2006. Shape memory alloys, Part I: General properties and modeling of single crystals. *Mechanics of Materials*. 38 (5-6), p. 391–429.

Quinn, B., 2002. *Techno Fashion*. New York: Berg.

Reichel, M., Schelhowe H., & Grüter, T., 2006. Smart Fashion and Learning about Digital Culture. *Formatex*. p. 978 – 982.

Rippin, A., 2005. Marks and Spencer—waiting for the warrior, A case examination of the gendered nature of change management. *Journal of Organizational Change Management*. 18 (6), p. 578-593

Saltzman, A., 2004. El cuerpo diseñado: sobre la forma en el proyecto de la vestimenta. Buenos Aires: Ed. Paidós.

Sarup, G. 1978. Historical antecedents of psychology: The recurrent issue of old wine in new bottles. *American Psychologist*. 33, p. 478-485.

Saville, B. P., 1999. *Physical Testing of Textiles*, Manchester: Woodhead Publishing.

Schwartz, M. (ed.) 2002. *ENCYCLOPEDIA OF SMART MATERIALS, VOLUME 1 and VOLUME 2*, New York: Wiley-Interscience Publication.

Sepúlveda, J. et al, 2008. Steel beam–column connection using copper-based shape memory alloy dampers. *Journal of Constructional Steel Research*. 64, p. 429–435.

Sheng, E., 2005. A Coat of Many (Changing) colours Nears Reality apparel of shifting shades may have applications for fashion and military. *In: Wall Street Journal*. January 21. EUA.

Singer, S. R. & Grismaijer, S., 1995. *Dressed to kill: the link between breast cancer and bras*. New York: Avery Publishing Group, em: Dewsnap, B. & Hart. C., 2001. An exploratory study of the consumer decision process for intimate apparel. *Journal of Fashion Marketing and Management & Henry Stewart Publications*. 5 (2), p.108-119.

Sorensen, C. 2002. The fashion market and the market environment. *Fashion Marketing, Blackwell Science*. p. 13-43.

Stylios, G. 2007. Engineering textile and clothing aesthetics using shape changing materials. em Matilla H. 2006, (ed) *Intelligent Textiles and Clothings*. Cambridge: The Textile Institute, Woodhead Publishing limited.

Tao, X., (ed) 2001, *Smart fibres, fabrics, and clothing*. Cambridge: The Textile Institute, Woodhead Publishing Limited.

Tang, S.L.P. & Stylios, G.K., 2006. An overview of smart technologies for clothing design and engineering. *International Journal of Clothing Science and Technology*. 18 (2), p. 108-128.

Taylor, M.A., 1999. *Technology of textile properties*. London: Forbes Publication.

Veiga, A., 2004. Um Poderoso Aliado, O soutien comemora 90 anos como uma eficiente arma na busca da beleza, conforto e sedução. *Revista Época*, Ed. 314.

Vezzoli, C. 2008. *Cenário do design para uma moda sustentável*, em: Pires, D. B., 2008, *Design de moda, Olhares diversos*, São Paulo: Estação das Letras e Cores.

Vili, Y.Y.F.C., 2007. Investigating Smart Textiles Based on Shape Memory Materials. *Textile Research Journal*. 77 (5), p. 290-300.

Winchester, R.C.C. & Stylios, G.K. 2003. Designing knitted apparel by engineering the attributes of shape memory alloy. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 15 (5), p. 359-366.

Worsley, H., 2000. *Decades of fashion*. London: Könemann.

Wu, M.H. & Schetky, L.M., 2000. Industrial application for shape memory alloys. *Proceedings of the International Conference on Shape Memory and Superelastic Technologies, Pacific Grove, California*. p.171-182.

Zaki, W. & Moumni, Z., 2007. A 3D model of the cyclic thermomechanical behaviour of shape memory alloys. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*. 55, 2427–2454

Zhang, Q., Lim, J.S. & Cao, M., 2004. Innovation-Driven learning in new product development: a conceptual model. *Industrial Management and Data System*. 104 (3), p. 256-261.

Zhang, X. and Tao, X., 2001a. Smart textiles: passive smart. *Textile Asia*. June 2001, p. 45-49 em:
Langenhove, L.V., & Hertleer, C., 2004. Smart clothing: a new life. *International Journal of Clothing Science and Technology*. 16 (1/2), p. 63-72.

Zhang, X. and Tao, X., 2001b. Smart textiles: passive smart. *Textile Asia*. June 2001, p. 49-52 em:
Langenhove, L.V., & Hertleer, C., 2004. Smart clothing: a new life. *International Journal of Clothing Science and Technology*. 16 (1/2), p. 63-72.

Zhang, X. and Tao, X., 2001c. Smart textiles: passive smart. *Textile Asia*. June 2001, p. 35-37 em:
Langenhove, L.V., & Hertleer, C., 2004. Smart clothing: a new life. *International Journal of Clothing Science and Technology*. 16 (1/2), p. 63-72.

Zhong, Z.W. & Yeong, C.K., 2006. Development of a gripper using SMA wire, *Sensors and Actuators A*. 126, p. 375–381.

Zhuo, H., Hu, J. & Chen, S. Electrospun polyurethane nanofibres having shape memory effect. *Materials letters*. 62 (14), p. 2078-2080

BIBLIOGRAFIA INTERNET

Bellis, M. 2008. *The history of the Brassiere*. Acesso em 15 de Junho de 2008 em: www.about.com

Cadolle Story 2001. Acesso em 23 de Maio de 2008 www.cadolle.com

Clowes, S., 2001. *Smart shirt rolls up its sleeves*. Acesso em 22 de Novembro de 2007 em: www.news.bbc.co.uk

Corseterie Triumph 2008. Acesso em 29 Julho 2008 em: www.triumph.com.pt

Fitzpatrick, M., 2004. *Wired wear: intelligent clothing gets smarter*. Acesso em 11 de Maio de 2008 em: www.just-style.com.

Freshness when you need 2008. Acesso em 21 de Abril de 2008 em: www.active-textiles.com/cyclofresh

Klimeo: thermo-regulating for everyday wear 2007. Acesso em 10 de Abril de 2008 em: www.klimeo-fashion.com

Kukkia Dress 2006. Acesso em: 4 de Maio de 2008 em: www.xslabs.com

Miss Sixty Anti-Cellulite Clothing Dismissed 2004. Acesso em 9 de Abril de 2008 em: www.just-style.com

Moving Textiles n.d. Acesso em 9 de Abril de 2008 em: www.marielleleenders.nl/html/moving%20textiles.htm

Mullins, J., 2007. *Invention: "Auto-snug" clothing*. Acesso em 11 de Dezembro de 2007 em: technology.newscientist.com/channel/tech/dn11408-invention-autosnug-clothing.html.

Oricalco – Shape memory 2008. Acesso em 13 de Abril de 2008 em:

www.gzespace.com/gzenew/index.php?pg=oricalco&lang=en

Scorpion Tales – Xlabs 2006. Acesso em 21 de Junho de 2008 em: www.dimainstone.com

SKWRATH 2008. Acesso em 4 de Maio de 2008 em: www.xslabs.com

Smart Bra to give support when it's needed 2000. Acesso em 27 de Julho de 2008 em:

www.abc.net.au/science/news/stories/s131388.htm

Shape memory alloys clothing n.d.. Acesso em 9 de Abril de 2008 em:

www.oobject.com/best-interactive-clothes/shape-memory-alloy-clothing

Shape Memory Textiles. Acesso em 9 de Abril de 2008 em:

www.textilemuseum.nl/script/Template.asp?PageID=790

Vilkas Dress 2006. Acesso em 4 de Maio de 2008 em: www.xslabs.com

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA FIGURAS, TABELAS E GRÁFICOS

Braddock, S.E. & Clarke, M.O., 2005. *Techno Textiles*. London: Thames and Hudson.

Boussu, F. & Petitniot, J., 2006. Development of shape memory alloy fabrics for composite structures. *AUTEX RESEARCH Journal*, 2 (1).

Colchester, C., 1997. *The new Textiles*, London: Thames and Hudson.

Congalton, D., 1999. Shape Memory Alloys For Use in Thermally Activated Clothing, Protection Against Flame and Heat. *Fire and Materials*. 23.

Fiell, C. & Fiell, P. 2005. *Design do Século XX*, Köhn: Taschen.

Fisch, M.A., 1997. *Textile Techniques in metal for jewellery textile artists and sculptors*. London: Robert Tate.

Fukai, A. et al., 2006. FASHION, Une histoire de la mode de XVIIIe au XXe siècle. Volume II: XXe siècle. Köln: TASCHEN.

Hardaker, C. H. M. & Fozzard, G.J.W., 1997. The bra design process – a study of professional practice. *International Journal of Clothing Science and Technology*. 9 (4).

Hauffe, T., 1995. *DESIGN, a concise history*. Köln, Laurence King.

Honkala, M., 2006. Introduction to Shape Memory Materials, em Matilla, H., (ed) *Intelligent Textiles and Clothings*, The Textile Institute, Woodhead Publishing limited, Cambridge, 2006.

Laver, J., 1999. *A Roupas e a Moda: uma História Concisa*. São Paulo: Companhia das letras.

Lee, S., 2005. *Fashioning the future: Tomorrow's Wardrobe*. London: Thames and Hudson.

Leuthold, M. & Duss, B., 2004. *Fabric and Fashion at Jakob Schlaepfer*, St. Gallen: Blendwerk 2.
Measurer 's Handbook: US Army Anthropometric Survey.

Vili, Y.Y.F.C., 2007. Investigating Smart Textiles Based on Shape Memory Materials. *Textile Research Journal*. 77 (5).

Winchester, R.C.C. e Stylios, G. K. 2003, "Designing knitted apparel by engineering the attributes of shape memory alloy" *International Journal of Clothing Science and Technology*, 15 (5).

Wu, M.H. e Schetky, L. M., 2000. Industrial application for shape memory alloys. *Proceedings of the International Conference on Shape Memory and Superelastic Technologies, Pacific Grove, California*.

Zhuo, H., Hu, J. & Chen, S., 2007. Electrospun polyurethane nanofibres having shape memory effect. *Materials letters*.

BIBLIOGRAFIA FIGURAS, TABELAS E GRÁFICOS INTERNET

Angel Chang Collection 2007. Acesso em: 18 de Dezembro de 2007 em: www.angelchang.com

Barbarella: Hello Pretty Pretty 2008. Acesso em 6 de Maio de 2008 em: www.elroyonline.com

Biomimicry: Structural Color 2008. Acesso em 28 de Maio de 2008 em:
www.beautifulnetworks.wordpress.com/2008/04/06/biomimicry-structural-color

Cadolle Story 2001. Acesso em 23 de Maio de 2008 www.cadolle.com

Corseterie Triumph 2008. Acesso em 29 de Julho de 2008 em: www.triumph.com.pt

Dead or alive? Ten icons who are still with us 2008. Acesso em 29 de Agosto de 2008 em:
www.timesonline.typepad.com

Fashion In 1960S London 2008. Acesso em 10 de Julho de 2008 em: www.vam.ac.uk

Hussein Chalayan at Puma 2008. Acesso em 18 Julho de 2008 em:
www.geometricsleep.com/2008/03/hussein-chalayan-at-puma.html

Kukkia Dress 2006. Acesso em: 4 de Maio de 2008 em: www.xslabs.com

Marielle Leenders Moving Textiles 2008. Acesso em 29 Abril 2008 em: www.textilemuseum.nl

Memory Metalle Info Sheet. 2008. Acesso em 25 de Julho de 2008 em www.memory-metalle.de

Memory-Metalle GmbH. 2008. Acesso em 23 de Julho de 2008 em: www.memory-metalle.de

Miss Sixty Collection 2008. Acesso em 21 de Maio de 2008 em: www.misssixty.com

Moving Textiles 2008. Acesso em 30 de Abril de 2008 em: www.marielleleenders.nl.com

Oricalco – Shape memory 2008. Acesso em 13 de Abril de 2008 em:
www.gzespace.com/gzenew/index.php?pg=oricalco&lang=en

One Hundred and Eleven Collection 2008. Acesso em: 10 de Abril de 2008 em:
www.husseinchalayan.com

Outlast Fashion Apparel 2008. Acesso em 27 de Março de 2008 em: www.outlast.com

Products Overview Memory Metalle 2008. Acesso em 23 de Julho de 2008 em: www.memory-metalle.de/

Smart Bra to give support when it's needed 2000. Acesso em 27 de Julho de 2008 em:
www.abc.net.au/science/news/stories/s131388.htm

Sun Will Collection 2008. Acesso em 23 de Maio 2008 em: www.sunwill.dk

SKWRATH 2008. Acesso em 4 de Maio de 2008 em: www.xslabs.com

The history of the Brassiere 2008. Acesso em 23 de Maio de 2008 em: www.about.com

Vilkas Dress 2006. Acesso em 4 de Maio de 2008 em: www.xslabs.com

ANEXO I

Diferença em "	Tamanho da copa
Menos de 1"	AA
1"	A
2"	B
3"	C
4"	D
5"	DD
6"	E
7"	F
8"	FF
9"	G

