UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ARTES, CIÊNCIAS E HUMANIDADES

ANDRESSA DA NÓBREGA ALMEIDA

**Estudo da aplicação de um polímero em superfícies têxteis e desenvolvimento de novas
texturas**

São Paulo
2014

ANDRESSA DA NÓBREGA ALMEIDA

**Estudo da aplicação de um polímero em superfícies têxteis e desenvolvimento de novas
texturas**

Dissertação apresentada à Escola de Artes
Ciências e Humanidades da Universidade de São
Paulo para obtenção do título de Mestre em
Ciências do Programa de Pós-Graduação em
Têxtil e Moda
Área de Concentração: Materiais e Processos
Têxteis.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Sirlene Maria da Costa

São Paulo

2014

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

CATALOGAÇÃO-NA-PUBLICAÇÃO

(Universidade de São Paulo. Escola de Artes, Ciências e Humanidades. Biblioteca)

Almeida, Andressa da Nóbrega

Estudo da aplicação de um polímero em superfícies têxteis e desenvolvimento de novas texturas / Andressa da Nóbrega Almeida ; orientadora, Sirlene Maria da Costa. – São Paulo, 2014
116 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Ciências) - Programa de Pós-Graduação em Têxtil e Moda, Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014
Versão original

1. Indústria têxtil. 2. Tecnologia têxtil. 3. Polímeros (Química orgânica). 4. Silicone. 5. Textura. I. Costa, Sirlene Maria da, orient. II. Título

CDD 22.ed. – 677

Dissertação apresentada à Escola de Artes
Ciências e Humanidades da Universidade de São
Paulo para obtenção do título de Mestre em
Ciências do Programa de Pós-Graduação em
Têxtil e Moda.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

AGRADECIMENTOS

À Escola de Artes Ciências e Humanidades (EACH/USP) pela oportunidade de ter feito este curso de Mestrado.

À Prof.^a Dr.^a Sirlene Maria da Costa uma enorme gratidão, a sua persistência e perseverança em mim e neste trabalho, sempre com sua incrível paciência, sutileza e preocupação de extrair e levar ao êxito todas as etapas deste trabalho, acreditando e ajudando na minha formação acadêmica, e me tornando um ser humano mais ávido e capacitado.

Aos meus pais e meus irmãos que mesmo de longo sempre acreditaram nos meus planos e me apoiaram ao longo desta jornada, sempre servindo de inspiração e motivação.

Aos meus colegas de sala Andreia Schimidt, Gabriela Martins, Israel Tannus, Julia Nunes, os quais souberam dar apoio e bom humor em vários momentos e situações onde foi preciso, encorajando a seguir em frente e acreditar que conseguiríamos concluir esta etapa.

Às amigas e companheiras de trabalho pelo grande apoio e compreensão por todo o período e por alguns momentos que passei durante a conclusão deste mestrado.

À amiga Adriana Zemel, pela ajuda e apoio em concluir a parte das imagens finais deste trabalho, conseguindo tempo e paciência nesta etapa final do trabalho.

À Prof.^a Dr.^a Silgia Aparecida da Costa pela dedicação, paciência e por acreditar no futuro deste trabalho, enriquecendo a minha formação e mostrando o caminho da ciência.

Ao Prof. Dr. Humberto Gomes Ferraz, da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da USP, pela realização dos ensaios de calorimetria exploratória diferencial (DSC) e termogravimétrica (TG).

À Prof.^a Dr.^a Jayne Carlos de Souza Barbosa do Departamento de Engenharia Química da Escola de Engenharia de Lorena (EEL/USP).

Ao Prof. Dr. Rodrigo Cardoso de Oliveira do Departamento de Ciências Biológicas da Faculdade de Odontologia de Bauru (FOB/USP), pela realização dos ensaios de citotoxicidade.

À Liz M. Zanchetta do Laboratório de Caracterização Tecnológica (LCT) do Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo pelas análises de MEV e EDS.

RESUMO

ALMEIDA, A.N. **Estudo da aplicação de um polímero em superfícies têxteis e desenvolvimento de novas texturas**. 2014. 116 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

O objetivo do presente trabalho foi pesquisar sobre a adequação e viabilização do processo de aplicação de um polímero, comercialmente conhecido como borracha de silicone, com o intuito de criar um novo conceito estético, a partir da vontade de produzir uma nova textura ou nova concepção de estrutura para substratos têxteis aplicados na alta costura. Primeiramente, investigou-se qual a melhor forma de adequação desta borracha e como ela se comporta em diferentes superfícies têxteis. Foram realizados ensaios para avaliar as condições de preparo da borracha de silicone, quanto ao volume de catalisador a ser utilizado de (0,75, 2,5 e 5 mL), temperatura (125°C a 180 °C) e tempo de secagem (30 a 90min). Os materiais produzidos foram submetidos a testes de secagens a diferentes condições de temperatura para a realização dos trabalhos de moldagem. Além dos processos de secagem, foram realizados ensaios de laboratório como Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC), Termogravimetria (TG), Espectroscopia de Absorção na Região do Infravermelho (FTIR) e citotoxicidade e Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Espectroscopia de Energia Dispersiva (EDS), a fim de caracterizar e conhecer as características dos materiais produzidos em termos físicos, químicos e biológicos, e ter estes estudos como aliados do processo criativo. Novos ensaios foram realizados ensaios com renda de poliamida, poliéster e algodão com aplicação da borracha e pigmentos preto, azul e amarelo. Os resultados mostraram que a melhor quantidade de catalisador foi entre 3 a 5 mL. A temperatura de secagem 150°C. Por meio da análise de Espectroscopia de Energia Dispersiva (EDS) foi verificado que a diferença da amostra com os controles foi à presença de silício. Foram desenvolvidas seis peças, dois vestidos, duas saias, um acessório de cabelo e um sapato. Foram trabalhadas algumas possibilidades de utilização da borracha de silicone em materiais têxteis, os resultados foram promissores.

Palavras-chave: Borracha de silicone. Novas texturas. Substratos têxteis.

ABSTRACT

ALMEIDA, A.N. **Study of application of a polymer fabric surfaces and development of new textures.** 2014. 116 f. Dissertation (Master of Science) – Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

The present work has its aim to investigate on the adaptation and to make it possible the process of application of a polymer, commercially known as a silicone rubber, in the context of creating a new aesthetic concept and the will to bring to textiles a new texture or new conception of structure to substrates. Firstly we investigated how best to adapt this rubber and how it behaves in different textile surfaces. Assays were performed to evaluate the conditions of preparation of the silicone rubber, the volume of the catalyst to be used (0.75, 2.5 and 5 ml), temperature (125°C to 180°C) and drying time (30 to 90 min). The materials produced were subjected to drying tests at different temperature conditions for carrying out the molding work. Above the drying process, laboratory tests were conducted as Scanning Electron Microscopy-SEM and Analysis by Energy Dispersive Spectroscopy (EDS) in order to characterize and understand the characteristics of the materials on physical, chemical and biological terms, and these studies have as allies of the creative process. New tests were performed tests with income of polyamide, polyester and cotton with application of rubber and black pigments, blue and yellow. The results showed that the optimal amount of catalyst was from 3 to 5 ml. The drying temperature of 150°C. Through spectral analysis Energy Dispersive (EDS) it was found that the difference of the sample with the controls was the presence of silicon. Six pieces were developed, two dresses, two skirts, a hair accessory and a shoe. It was reached possibilities making use of silicone rubber textile materials, the results were promising.

key words: Rubber of silicone. New textures. Substrates textiles.

LISTA DE FIGURA

Figura 1- Mulheres com vestuário típico de Timbuktu.....	20
Figura 2- Classificação das fibras têxteis.....	22
Figura 3- Consumo mundial de fibras têxteis (milhões de tonelada).	22
Figura 4- Peças da coleção de Cardin, inspirada na era espacial.....	25
Figura 5- Elsa Schiaorelli.	26
Figura 6- A marca Radiative comercializa roupas que mudam de cor de acordo com a temperatura do corpo.	29
Figura 7- Detalhe do vestido de noite de Gabrielle Chanel de 1936.	31
Figura 8- Desfile de Iris Van Herpen, magnetismo.	32
Figura 9- Peça da designer Andreea Madrescu.	37
Figura 10- Aplicação do designer.....	38
Figura 11- Estrutura química do mero da borracha de silicone.	40
Figura 12- Esquema estrutural da cadeia polimérica da borracha natural (polímero).....	41
Figura 13- Esquema estrutural de cadeia polimérica de borracha de silicone (dimetil).	41
Figura 14- Mercado global de silicone (em milhões de toneladas).	45
Figura 15- Mercado global de silicone (em milhões de toneladas).	45
Figura 16- Diagrama CIELab.....	49
Figura 17- Borracha B1.	53
Figura 18- Corpos-de-prova utilizados nos experimentos. (a) Amostra de malha (10 x 10) cm e (b) Amostra de tecido (10 x 10) cm.....	54
Figura 19- Renda 100% poliamida antes da aplicação da borracha de silicone.	60
Figura 20- Recortes da renda de poliamida com borracha de silicone aplicada.	61
Figura 21- Renda 100% poliamida na cor azul sem aplicação de silicone.	61
Figura 22- Renda com borracha aplicada e moldada de forma diferenciada.....	61
Figura 23- Amostra da renda de 100% algodão, Guipir, antes da aplicação da borracha.....	62
Figura 24- Recortes da renda 100% poliamida, antes da aplicação da borracha.	63
Figura 25- Amostra renda 100% poliamida branca, antes da aplicação da borracha.....	64
Figura 26- Malha de algodão (10 x 10) cm e revestida com (60 g de borracha e 1,5 mL de catalisador), na temperatura de 125°C, por 180 mim. Espalhamento cilindro de polipropileno.	68

Figura 27- Malha de algodão (10 x10) cm revestida com (60 g Borracha e 1,5 mL de catalisador), na temperatura de 150°C, por 30 mim. Espalhamento manual.	69
Figura 28- Malha de algodão (10 x10) cm revestida com (60 g Borracha e 1,5 mL de catalisador), na temperatura de 150°C, por 30 mim. Espalhamento manual.	69
Figura 29- Malha de algodão (10 x 10) cm e revestida com (60 g de borracha e 1,5mL de catalisador), na temperatura de 125°C, por 180 mim. Espalhamento cilindro de polipropileno.	70
Figura 30- Malha de algodão (10 x10) cm recoberto com borracha e 1,5 mL de catalisador, na temperatura de 125°C, por 180 mim. Espalhamento cilindro de polipropileno.	70
Figura 31- Malha de algodão com efeito pregueado.	72
Figura 33- Malha de algodão - 60 g de borracha e 5 mL de catalisador, na temperatura de 125°C, por 90 min.	74
Figura 34- Curva de DSC da malha (sob atmosfera inerte de nitrogênio com fluxo de gás 50 mL/min.), com razão de aquecimento de 10°C/min. de 25 a 400 °C.	76
Figura 35- Curva de TG da malha (sob atmosfera inerte de nitrogênio com fluxo de gás 100 mL/min.), com razão de aquecimento de 10°C/min. de 25 a 600°C.	76
Figura 36- Curva de DSC da malha revestida (sob atmosfera inerte de nitrogênio com fluxo de gás 50 mL/min.), com razão de aquecimento de 10°C/min de 25 a 400°C.	76
Figura 37- Curva de TG da malha revestida (sob atmosfera inerte de nitrogênio com fluxo de gás 100 mL/min.), com razão de aquecimento de 10 °C/min. de 25 a 600 °C.	76
Figura 38- Curva de TG da malha revestida (sob atmosfera inerte de nitrogênio com fluxo de gás 100 mL/min.), com razão de aquecimento de 10 °C/min de 25 a 600°C.	77
Figura 39- Curva de TG da malha revestida (sob atmosfera inerte de nitrogênio com fluxo de gás 100 mL/min.), com razão de aquecimento de 10 °C/min. de 25 a 600°C.	77
Figura 40- Curva de DSC do tecido revestido (sob atmosfera inerte de nitrogênio com fluxo de gás 50 mL/min.), com razão de aquecimento de 10°C/min de 25 a 400°C.	77
Figura 41- Curva de TG do tecido revestido (sob atmosfera inerte de nitrogênio com fluxo de gás 100 mL/min.), com razão de aquecimento de 10 °C/min. de 25 a 600°C.	77
Figura 42- Espectros FTIR das amostras de malha de algodão 100%, Verde: malha, Azul: malha revestida revestido. (Transmitância x número de onda cm ⁻¹).	78
Figura 43- Espectros FTIR das amostras de tecido plano de algodão 100%, Verde: Tecido plano, Azul: Tecido revestido. (Transmitância x número de onda cm ⁻¹).	79
Figura 44- MEV das amostras de Malha de algodão e EDS.	81
Figura 45- MEV das amostras de tecido de algodão e EDS.	82
Figura 46- MEV da malha e tecido revestidos com borracha. Ampliação de 100X.	83
Figura 47- MEV da amostra de tecido plano 100% algodão.	83
Figura 48- MEV da seção transversal da amostra de malha revestida com borracha 284 X.	84

Figura 49- MEV da seção transversal da amostra de tecido revestido com borracha 180 X.....	84
Figura 50- Amostra de tecido plano 100% algodão.....	90
Figura 51- Amostra de tecido plano 100% algodão com borracha e pigmento na cor preto.....	90
Figura 52- Amostra de tecido plano 100% algodão com borracha e pigmento na cor preto.....	90
Figura 53- Amostra de renda 100% poliéster.....	91
Figura 54- Amostra de renda 100% poliéster, aplicada borracha com pigmento na cor preta.....	91
Figura 55- Amostra de renda 100% algodão.....	91
Figura 56- Amostra de renda 100% algodão, aplicada borracha com pigmento na cor preta e plissada.	91
Figura 57- Amostra de renda 100% poliamida cor azul revestida com borracha.....	92
Figura 58- Amostra de renda 100% poliamida.....	92
Figura 59- Amostra de renda 100% poliamida com aplicação de borracha sem pigmentação.....	92
Figura 60- Vestido com renda aplicada com borracha de silicone.....	94
Figura 61- Lateral do vestido com renda na cintura.....	95
Figura 62- Foco do detalhe de renda aplicado.....	96
Figura 63- Vestido longo preto com fenda na lateral, com a renda aplicada na alça.....	97
Figura 64- Detalhe da renda com borracha, aplicada à alça do vestido.....	98
Figura 65- Saia de tecido plano com renda aplicada ao forro.....	99
Figura 66- Vista lateral da saia evasê.....	100
Figura 67- Saia em camadas com guipir aplicado.....	101
Figura 68- Vista lateral da saia com guipir aplicado.....	102
Figura 69- Vista lateral acessório.....	103
Figura 70- Vista frontal do acessório.....	104
Figura 71- Vista frontal do acessório.....	105
Figura 72- Vista diagonal do sapato.....	105

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1- Dados de produção de algodão dos principais países produtores.....	24
Quadro 2- Características e aplicações dos silicones.....	40
Quadro 3- Estimativa de tempo de vida da borracha de silicone.....	42
Quadro 4- Ingredientes para compostos com borracha de silicone.....	44
Tabela 1- Divisão dos grupos experimentais.	57
Tabela 2- Resultado da variação massa em função do revestimento de borracha em malha com temperatura de secagem de 125°C.	66
Tabela 4- Avaliação colorimétrica da malha revestida com silicone após duas lavagens.....	88

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Análise da redução do MTT de células NIH3T3 tratadas com meio condicionado (Extrato Bruto) e condicionado 1:1 (diluição de 50%) com os tecidos; além dos controles positivo e negativo, nos períodos de 24, 48 e 72 horas. * = $p < 0,05$ 85

Gráfico 2- Análise do Cristal violeta de células NIH3T3 tratadas com meio condicionado com os tecidos (Extrato Bruto) e (diluição de 50%); além dos controles positivo e negativo, nos períodos de 24, 48 e 72 horas. * = $p < 0,05$ 86

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1	Histórico têxtil	18
2.2	Indústria têxtil nacional	20
2.3	Fibras têxteis	21
2.4	Fibra de algodão	23
2.5	Moda e mercado atual	24
2.6	Estilistas e o futuro dos tecidos	28
2.7	Alta costura e inovação	30
2.8	A Importância de novos materiais	32
2.9	Processos de acabamentos têxteis e utilização de silicone	33
2.10	Polímeros na indústria da moda	35
2.11	Utilização de polímeros na moda	37
2.12	Silicone	39
2.13	Utilização das técnicas de Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC) e Termogravimétrica (TG)	46
2.14	Utilização de FTIR	47
2.15	Utilização das técnicas de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Análise por Espectroscopia de Energia Dispersiva (EDS)	47
5	MATERIAIS E MÉTODOS	52
5.1	Materiais	52
5.2	Preparo da borracha e aplicação no tecido e malha	54
5.3	Calorimetria Exploratória Diferencial – DSC e Termogravimetria – TG	55
5.4	Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR)	55
5.5	Cultura de células	55

5.5.1 Cultivo e expansão dos fibroblastos (NIH3T3)	55
5.5.2 Preparo dos grupos experimentais.....	56
5.5.3 Análise da viabilidade celular	57
5.6 Microscopia Eletrônica de Varredura – MEV e Análise por Espectroscopia de Energia Dispersiva (EDS)	58
5.7 Processo de lavagem doméstica	59
5.8 lavagem a seco (LS)	59
5.9 Avaliação colorimétrica instrumental	59
5.10 Revestimento de borracha em tecido de renda.....	59
5.11 Desenvolvimento das peças utilizando borracha de silicone.....	60
5.11.1 Vestido tomara que caia curto	60
5.11.2 Vestido com comprimento longo	61
5.11.3 Primeira Saia.....	62
5.11.4 Segunda saia	62
5.11.5 Acessório	63
5.11.6 Sapato.....	64
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	65
6.1 Análise das condições de preparo da borracha de silicone no têxtil.	65
6.2 Analise de FTIR das amostras de malha, tecido plano sem e com revestimento revestido	78
6.3 Análise de Microscopia Eletrônica de Varredura e EDS	80
6.4 Caracterização das amostras sem e com revestimento quanto a citotoxicidade	84
6.5 Avaliação colorimétrica após lavagens doméstica e a seco	87
6.6 Novas superfícies e pigmentações	89
6.7 Desenvolvimento das peças utilizando a borracha de silicone	93
6.7.1 Vestido tomara que caia curto	93
6.7.2 Vestido com comprimento longo	96

6.7.3 Primeira saia	98
6.7.4 Segunda saia	100
6.7.5 Acessório de cabeça	102
6.7.6 Sapato.....	104
7 CONCLUSÕES.....	106
8 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	107

LISTA DE ABREVIACÕES, ACRÔNIMOS E SÍMBOLOS UTILIZADOS

ABIT	: Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção
ABRAPA	: Associação Brasileira dos Produtores de Algodão
a.C.	: Antes de Cristo
CO	: Algodão
DSC	: Calorimetria Exploratória Diferencial
EDS	: Espectroscopia de Energia Dispersiva
EPA	: <i>Environmental Protection Agency</i>
HTV	: <i>High temperature vulcanizing</i>
IBGE	: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IZM	: Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration
FTIR	: Espectroscopia de Absorção na Região do Infravermelho
MEV	: Microscopia Eletrônica de Varredura
PCM	: <i>Phase Change Materials</i>
PIB	: Produto Interno Bruto
PHR	: <i>Per hundred rubber</i>
RTV	: <i>Room temperature vulcanizing</i>
TG	: Termogravimetria

1 INTRODUÇÃO

O mercado têxtil mundial vem registrando crescimento constante, tanto no que se refere aos volumes produzidos quanto ao seu comércio exterior. A produção mundial de artigos têxteis, medida pelo consumo, cresceu a taxa anual de 4,2% nos últimos dez anos, enquanto a população mundial aumentou a uma taxa de 2% ao ano, o que representa um importante consumo mundial *per capita* de produtos têxteis nesse período (PRADO, 2014).

Na Europa as vendas da indústria da moda foram de aproximadamente € 170 bilhões em 2012, com mais de 181 mil empresas, das quais 30% são italianas, colocando a Itália como o segundo maior país exportador na indústria da moda em todo o mundo, depois da China (SMI, 2013).

No Brasil, o setor têxtil representa quase 5% do Produto Interno Bruto (PIB) da indústria de transformação do país, sendo um dos setores industriais que emprega uma grande quantidade de mão de obra (ABIT, 2014).

A cadeia produtiva têxtil – reunindo fiação, tecelagem, malharia, acabamento/beneficiamento e confecção – vêm passando por muitas transformações. Os produtos têxteis tornam-se cada vez mais atrativos aos olhos dos consumidores por vários motivos como: design, cor, aparência, toque e conforto.

Os acabamentos especiais dão aos substratos têxteis propriedades que envolvem o desenvolvimento de tecnologias nos campos das ciências físicas, químicas e biológicas (ARAÚJO, 2001). Obtém-se, assim, melhor desempenho, funcionalidade e modelagem, para que as roupas tenham um bom caimento, conforto e design.

O universo da moda é pautado em um exercício constante da criatividade e da elaboração do novo. O produto do vestuário de moda é, por consequência, quem sofre e exige as maiores mudanças e variações na criação. Ao designer cabe a análise das necessidades e desejos dos consumidores e a criação de especificações para o produto (RECH, 2002).

Essa criação está inserida na busca de novos substratos têxteis que podem ter seu início, também, a partir do redesenho ou transformação de produtos já utilizados, bem como em experiências artesanais que possibilitem novas oportunidades de emprego industrial (COSTA, 2003). Os resultados, tanto estéticos quanto funcionais, obtidos pelo emprego conjunto de diferentes materiais e técnicas (fibras sintéticas, animais, naturais,

artificiais, técnicas tradicionais transformadas pelo uso da tecnologia) traduzem-se na imensa variedade de tecidos encontrada no mercado (COSTA ; POELKING, 2008).

O desafio do designer têxtil está em perceber as necessidades e desejos dos consumidores e sua inter-relação com o meio que os cerca. Da leitura dessa realidade, ele passa a projetar e propor novos materiais, novas estruturas e acabamentos em tecidos. Hoje, a conciliação do artesanal com a alta tecnologia também é um desafio que oferece resultados inovadores na estrutura do substrato têxtil (COSTA ; POELKING, 2008).

Segundo Suzana Avelar (2009), a investigação para nova aplicação de um determinado material traz infinitas possibilidades na questão do vestir. Essa procura vem ao encontro da necessidade dos criadores de ampliar a utilização de seus materiais já comercialmente conhecidos no mercado, não se deixando focar somente na questão das aparências. Os tecidos convencionais podem ser transformados com o auxílio das novas tecnologias obtendo materiais com novos volumes e texturas (AVELAR, 2009).

A proposta deste estudo surgiu de experimentações realizadas com diversos produtos, tais como a cola branca, o látex e uma borracha a base de silicone que foram aplicados em substratos têxteis como: tecido plano, malhas e rendas. Os produtos foram aplicados visando a criar novas formas, estruturas e texturas diferenciadas sobre os substratos têxteis. Após os primeiros estudos, foi selecionada uma borracha a base de silicone para dar continuidade ao projeto de pesquisa proposto.

Este estudo vem responder ao anseio de unir criatividade e tecnologia por meio de processos de beneficiamento têxtil, com o intuito de obter materiais diferenciados em termos de formas e texturas para aplicação na alta costura. A borracha de silicone selecionada foi aplicada de forma manual sobre tecido plano, malha e rendas. Os materiais produzidos foram submetidos a testes de secagens a diferentes condições de temperatura para a realização dos trabalhos de moldagem. Além dos processos de secagem, foram realizados ensaios de laboratório como Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC), Termogravimetria (TG), Espectroscopia de Absorção na Região do Infravermelho (FTIR) e citotoxicidade e Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Espectroscopia de Energia Dispersiva (EDS), a fim de caracterizar e conhecer as características dos materiais produzidos em termos físicos, químicos e biológicos, e ter estes estudos como aliados do processo criativo. Este estudo não propõe criar uma coleção com painel semântico e cartela de cores,

visto que estes mudam a cada estação. A alta costura vem como um enfoque neste trabalho, no sentido de remeter ao uso da aplicação da borracha de silicone em peças únicas e exclusivas produzidas por um processo manual permitindo criar formas, estruturas e texturas diferenciadas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Histórico têxtil

Sobre o princípio da indústria têxtil, há relatos de que se trata de uma das técnicas mais antigas dos homens. Com ela, vieram as peças de vestuário. Por se tratar de algo tão primitivo, até mesmo datá-lo torna-se difícil, como Colin Gale e Jasbir Kaur explicam na primeira parte de seu livro (GALE & KAUR, 2002). Os autores tentam mostrar como o surgimento de algo tão simples pode auxiliar no estudo e datação do desenvolvimento de uma civilização, uma vez que se possa medir e comparar a importância dos tecidos e do seu papel na sociedade. Citam a teoria de Hierarquia de Maslow (1970), resumindo que a roupa pode se encaixar em fundamentos de necessidades básicas, como aquecer e proteger, até desenvolvimento espiritual, além de participar do âmbito da identificação e classificação social, podendo definir até mesmo traços de uma cultura (Figura 1) e suas tradições. Como citado pela autora Jenny Udale:

Ao contemplar outras culturas, podemos ver a variedade de usos que tecidos tradicionais podem ter. No Japão, o quimono é feito de uma fina seda, (...). é interessante olhar para os outros países e para seus tecidos tradicionais feitos a mão em busca de inspiração e notar como essas técnicas podem ser aplicadas a tecidos modernos. (UDALE, 2009, p. 22).

Os tecidos têm sido uma parte integral do ser humano, em seu dia-a-dia, por milhares de anos. Os primeiros tecidos começaram na Idade da Pedra, mais ou menos 100 mil anos atrás; mas supõe-se que as primeiras aparições de tecidos como algodão, seda e linho tenham ocorrido há 5 mil anos na Índia, Egito e China, após esse período estes mesmos tecidos evoluíram e passaram por várias transformações técnicas, transformando as fibras

em tafetá, sarja e diversos outros. Atualmente, sua produção só vem crescendo, a níveis impensáveis mesmo 200 anos atrás (NYFASHIONCENTERFABRICS, 2014).

Os tecidos são definidos como multivalentes por Beverly Gordon (GORDON, 2011, p. 23), pois mantêm diferentes qualidades e características, sofrendo grandes metamorfoses e associações, tal como acontece com a construção de palavras e seus significados. Gordon também aponta que o tecido está inserido na vida humana de várias formas, como na cultura de um povo, na forma de se vestir, nas cores, nas estampas, e em técnicas específicas de elaboração.

A evolução na cadeia têxtil acompanhou a história, passou por mudanças e mesmo revoluções, em especial a revolução industrial, que se iniciou na Inglaterra no século XVIII afetando todo o setor socioeconômico mundial. Buscando-se manter a qualidade do produto, mas com preços mais baixos, a produção têxtil, que antes era feita de modo artesanal, passou a incorporar máquinas e a submeter-se à massificação e dinamismos dos produtos, agora produzidos em larga escala. Com isso há o abandono de alguns trabalhos manuais, feitos por artesões. São fatos que deram início a novas tecnologias e avanços na área (FEGHALI & DWYER, 2004).

A evolução dos tecidos pode se basear em alguns aspectos, como a mudança na construção das linhas para formar um novo material, alcançando uma identidade que se conecte de alguma forma ao seu criador ou ao seu propósito. Também pode se referir ao uso de um tecido ligado a uma época ou geração, não somente para uma função específica, mas para remeter a algo cultural ou até mesmo religioso (GORDON, 2011, p. 26).

No mundo pós-industrial, os tecidos tiveram seu valor modificado, pois há um distanciamento entre o consumidor e a produção, que assim se torna algo quase imaginário. Ficando somente a sensação de que, sem as máquinas, o processo seria simbolicamente um trabalho feminino e artesanal (GORDON, 2011, p.6).

Figura 1- Mulheres com vestuário típico de Timbuktu.

Fonte: Mali, 1995.

2.2 Indústria têxtil nacional

No Brasil, a indústria têxtil tem desempenhado um papel de grande relevância no processo de desenvolvimento do país (RIBEIRO, 1984). Em 2013, a cadeia têxtil produziu cerca de US\$ 58,2 bilhões, o que equivalente a 5,7% do valor total da produção da indústria brasileira de transformação. Os empregos gerados pela cadeia têxtil somam 1,6 milhão de postos de trabalho, sendo que 75% são de mão de obra feminina (ABIT, 2013). Além da sua

grande relevância econômica, é um segmento de grande impacto social (IEMI, 2014). Existem no país 30 mil empresas no setor.

Segundo dados da ABIT, o Brasil é o quarto maior parque produtivo de confecção do mundo, segundo maior produtor e terceiro maior consumidor de denim do mundo (ABIT, 2013).

O Brasil é ainda a última cadeia têxtil completa do Ocidente, ou seja, é o único que tem desde a produção de fibras, como plantação de algodão, até os desfiles de moda, passando por fiações, tecelagens, beneficiadoras, confecções e forte varejo (ABIT, 2013).

O desenvolvimento de um artigo têxtil começa com a seleção da matéria-prima fibrosa que irá dar origem ao produto. É importante saber as propriedades morfológicas, químicas e físicas das fibras, uma vez que constituem o primeiro elemento de decisão na concepção de um artigo têxtil, pois é em função das propriedades das fibras que elas serão selecionadas para sua utilização (COSTA et al., 2014).

2.3 Fibras têxteis

Fibra têxtil é um termo genérico empregado para qualquer um dos tipos de materiais que formam os elementos básicos do produto têxtil. Caracteriza-se por ter um comprimento, no mínimo, cem vezes maior que seu diâmetro (MALUF & KOLBE, 2003).

As fibras têxteis estão presentes nos variados tipos de tecidos, e podem ser naturais ou sintéticas. As naturais são obtidas a partir de animais – como ovelhas, coelhos e lagartas (bicho da seda), entre outros – e vegetais – encontradas em caules, folhas e cascas de árvores –, além das fibras químicas, que podem ser subdivididas em fibras artificiais – que têm como matéria prima vegetais, animais ou minerais – e fibras sintéticas – que têm como base o petróleo e o carvão mineral –, conforme Figura 2.

Figura 2- Classificação das fibras têxteis.

Fonte: (2010, apud COSTA et al., 2014).

A Figura 3 mostra que em 2013 foram consumidos em todo mundo 89,1 milhões de toneladas de fibras têxteis, o que representou um crescimento de 6,1% em relação a 2012. O consumo mundial *per capita* foi 12,4 kg de fibras por habitante, em 2013 (IEMI, 2014).

Figura 3- Consumo mundial de fibras têxteis (milhões de tonelada).

Fonte: (IEMI, 2014) dados de 2010 a 2011 alterado pela Fiber Organon.

As primeiras fibras a serem trabalhadas, e que até hoje são as mais datadas, são o algodão e o linho, segundo a autora Dinah B. Pezzolo, em sua pesquisa cujo intuito é o de aprofundar e entender a história e evolução dos tecidos (PEZZOLO, 2007).

Neste trabalho foram utilizados tecido plano e malha de algodão, nos quais foi realizado um estudo da aplicação de uma borracha de silicone para dar forma e texturas aos produtos. Além das fibras de algodão, foram utilizadas rendas de poliéster e poliamida.

2.4 Fibra de algodão

O algodão é uma fibra natural que tem sido cultivada e aprimorada com o passar dos anos. No começo do seu cultivo, os pés de algodão eram designados como “árvores que continham lã”. Este cultivo foi iniciado na Índia e data de 3200 a.C. (PEZZOLO, 2007). A escolha pela fibra de algodão aconteceu por sua versatilidade e diversas características, como exemplifica a autora:

O algodão se mantém como a principal fibra têxtil do mundo. Ainda que as sintéticas tentem alterar sua posição no mercado, ele continua sendo preferido por conta de suas qualidades naturais, relacionadas ao conforto, maciez e durabilidade. Sua versatilidade permite a combinação com as mais diversas fibras, inclusive as sintéticas (PEZZOLO, 2007, p. 25).

A partir da explicação contida na citação, a escolha pela fibra de algodão neste estudo deve-se ao fato de ser uma fibra que combina bem com diversos materiais, e também pela facilidade de se encontrar o material, por se tratar de uma fibra com maior produção industrial.

O algodão está entre as mais importantes culturas de fibras no mundo. Todos os anos, uma média de 35 milhões de hectares de algodão é plantada por todo o planeta. A demanda mundial tem aumentado gradativamente desde a década de 1950, a um crescimento anual médio de 2% (ABRAPA, 2014). Pode-se observar no Quadro 1 os dados de produção de algodão.

Quadro 1- Dados de produção de algodão dos principais países produtores.

	Safrá (Milhões de toneladas)					
	2008/09	2009/10	2010/11	2011/12	2012/13	2013/14
Total Mundial	23,503	22,247	25,368	27,793	26,386	24,953
China	8,025	6,925	6,4	7,4	7,3	6,7
Índia	4,93	5,185	5,865	6,345	5,967	6,205
USA	2,79	2,654	3,942	3,391	3,77	2,939
Paquistão	1,926	2,07	1,907	2,294	2,093	2,024
Brasil	1,214	1,194	1,96	1,877	1,263	1,422
Uzbequistão	1	0,85	0,91	0,88	1	1
Outros	3,617	2,269	4,385	5,606	4,993	4,664

Fonte: ABRAPA, 2013.

As fibras de algodão pertencem ao gênero das malváceas. As diferentes espécies de algodão cultivado no mundo são: *Gossypium hirsutum* (87%), *Gossypium barbadense* (8%) e *Gossypium herbaceum* (5%) (GUILLÉN, 1991).

O algodão é uma fibra de semente vegetal. Quando seca, a fibra de algodão é quase inteiramente composta por celulose (de 88 a 96%). A celulose é um polímero linear (parte amorfo e parte cristalino) formado por moléculas de anidro-glicose unidas através de ligações β -1,4 glicosídicas, de fórmula geral $(C_6H_{10}O_5)_n$. É constituída unicamente por unidades monoméricas de celobiose que se repetem apresentando sempre o oxigênio que liga os anéis glicosídicos na posição equatorial (HARRIES et al., 1976; NEVELL et al., 1985). Além de celulose, ela contém pequenas porções de proteína, pectina, ceras, cinzas, ácidos orgânicos e pigmentos.

2.5 Moda e mercado atual

Fazendo uma observação na história do tecido, percebe-se que ele sempre foi um fator que marcou ou contou alguma história de uma época, de acordo com Suzanne Lee (LEE, 2005). A ideia de ter algo estampado no corpo poderia ser algum tipo de identificação ou mesmo um modo de transmitir uma mensagem. Isso pode ser observado até em alguns filmes, como *Tron* (1982), de Steven Lisberger, em que o ambiente virtual é construído

referenciando-se em softwares, mas a isto se alia uma estética futurista, expressa não somente pelo uso do neon como também pelo figurino dos personagens e pelos veículos que eles utilizam (FIGUEIREDO, 2011).

Na moda há exemplos de estilistas que utilizaram diferentes materiais na busca de ser inovadores, muitas vezes até de um modo radical. Grandes nomes na década de 1960, marcada pela geração moderna de estilistas, foram Pierre Cardin e André Courreges, que fizeram o uso de placas metálicas e de plástico na construção de suas coleções, trazendo novas formas e cores para o mercado da moda. A idealização das peças inspirou-se no período no qual a indústria e a tecnologia estavam passando, pois se tratava da era espacial. Inovações tecnológicas, como a coleção de Cardin, inspirada nesta era, podem ser observadas na Figura 4 (LEE, 2005).

Figura 4- Peças da coleção de Cardin, inspirada na era espacial.

Fonte: Pierre Cardin: 60s Years of Innovation, 2010.

A moda tem ganhado um papel diferenciado nos dias atuais. Analisando-se todo o seu passado e sua história, é possível enxergar que ela sempre esteve atrelada à tecnologia e seus avanços. As roupas eram feitas sob medida e com o passar dos anos, principalmente nos anos 50 e 60, com o crescimento da indústria, vieram as criações *prêt-à-porter*, que seria a produção em massa de peças de vestuário, que se popularizou nos Estados Unidos e também na Europa. Essa produção em massa levou a população a ser mais informal e versátil. Os fabricantes tinham que se manter constantemente atualizados com os

movimentos e principalmente com os jovens, pois grandes companhias e estilistas, como Emilio Pucci, já estavam produzindo peças mais descontraídas e frenéticas (LAVIER, 1989, p. 261).

Devido ao fato da moda se basear em, acompanhar e estudar a evolução e comportamento humano, ela está interligada à tecnologia de seu período histórico, pois é onde ela encontra muitas de suas inspirações e até mesmo soluções, como se pode observar no começo do século passado com as criações de Elsa Schiaparelli. Elsa Schiaparelli uniu em sua criação matérias que para a época eram da mais avançada tecnologia, na criação de sua peça "*Glass Cape*" (Figura 5), uma capa feita de plástico (LEE, 2005).

Figura 5- Elsa Schiaparelli.

Fonte: Glass Cape, 1934.

As possibilidades neste mercado são intangíveis. A produção e a procura por novos materiais vêm acontecendo cada vez com mais frequência em desfiles, principalmente com a integração de eletrônicos e aplicação de nanotecnologia e com o surgimento de laboratórios de moda espalhados pelo mundo como Fraunhofer Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration (IZM). Este laboratório tem desenvolvido a integração de eletrônicos nos tecidos, no intuito de criar peças que possam interagir com o ambiente. Essa integração

de materiais e pesquisas relacionadas às várias formas de trabalhar o têxtil com a tecnologia podem chegar a resultados como roupas que mudam de cor em relação à variação de temperatura do corpo ou ambiente, podendo também mudar o formato e aparência das roupas, como o dobrar e desdobrar de mangas na variação de temperaturas (LEE, 2005).

A experimentação e o desejo são fatores que fazem com que a tecnologia avance, quebrando barreiras e paradigmas. Estudos mostram que a tecnologia não está somente atrelada a novas estéticas ou formas, mas também a novos processos de construção, inovação e desempenho (FUTURE HORIZONS CONFERENCE, 2012). A superfície têxtil nos dá abertura para trabalhar e modificar a matéria. Os beneficiamentos e aplicações se tornam inúmeros quando apostam no fator de criação, estas possibilidades nos trazem características e até mesmo soluções para diversos materiais (BLACK, 2006, p. 10).

Desde o século XIX, mudanças revolucionárias têm ocorrido em um ritmo sem precedentes em muitos campos da ciência e tecnologia, atingindo de forma profunda cada ser humano. A invenção de chips eletrônicos, dos computadores, da internet, a descoberta do genoma humano, e muitos outros avanços têm transformado o mundo inteiro (TAO, 2000).

Os tecidos e a indústria vêm acompanhando este processo, pois, como dito anteriormente, sua história é marcada pela busca por inovação. O progresso nesta área é evidente e vem ganhando mais campo e mais atenção de grandes empresas, pesquisadores e curiosos. Em consequência, ganha também grande fatia do mercado e seus investimentos. A sociedade, em alguns anos, estará enfrentando muitas novidades nesse setor, fazendo com que o dia-a-dia seja totalmente diferente, mostrando que o poder da tecnologia irá mudar nossa forma de viver e nos relacionar (QUINN, 2010).

O mercado têxtil mundial vem registrando crescimento constante tanto no que se refere aos volumes produzidos quanto no comércio exterior. A produção mundial de artigos têxteis, medida pelo consumo industrial de fibras e filamentos, cresceu a uma taxa média anual de 4,2% nos últimos 10 anos, enquanto a população mundial aumentou a uma taxa de 2% ao ano, o que representa um importante crescimento do consumo mundial *per capita* de produtos têxteis nesse período (IEMI, 2014).

2.6 Estilistas e o futuro dos tecidos

Muito se fala do futuro dos tecidos e de como a ciência e pesquisadores vêm avançando nesta área. Vários autores adotam este discurso e aprofundam seus estudos neste tema, o que demonstra a sua relevância, estando claro que isto se deve de alguma forma ao consumo, pois o setor está ligado diretamente à demanda dos consumidores e sua sede de novidade (LEE, 2005).

Um grande avanço tem ocorrido não só para a indústria no geral e seu maquinário, mas também entre os designers ou criadores da área, os quais vêm mudando suas atitudes e desafiando as formas e conceitos básicos dos tecidos. Assim, chegam a novos processos e técnicas, utilizando em seu trabalho materiais mais inusitados e singulares. O uso e a escolha dos materiais passam a ser, desde logo, o passo inicial de todo o processo de criação, pois não basta mais o olhar que procura construir algo harmônico, mas sim aquele que também busca algo funcional e inovador (GALE, 2002, p.21).

É o caso de um criador como Hussein Chalayan, que em seu trabalho de graduação fez experimentos como enterrar os tecidos que usaria na fabricação das peças para sua coleção de conclusão de curso. Foram utilizados pedaços de metais para conseguir um efeito de decomposição e nova textura aplicada a materiais simples. Outro nome importante, por trazer novos tipos de aplicações, é Martin Margiela, o qual trabalhou a ideia de fazer com que tecidos “surgissem” a partir de celulose bacteriana, e suas peças foram levadas a uma exposição em Rotterdam em 1997 (BLACK, 2006, p. 11).

Uma das novas marcas que procura por esse conceito no sentido de trazer novas características aos seus produtos e acabamentos, seria holandesa G+N. Essa marca utilizou um novo tipo de cola resistente à água e à tração. A cola foi utilizada para montar a peça, sem o uso de máquinas de costura ou qualquer outro tipo de acabamento, sendo o processo 70% manual. Os designers da marca defendem que a roupa deveria ser tratada como algo muito maior do que somente proteger o corpo ou manter aquecido, pois ela também poderia interagir com as outras pessoas e participar de certa forma do avanço na área. (FUTURE FASHION, 2012).

O objetivo desses estudos não é avançar somente do ponto de vista “tecnológico”, mas também aprimorar conforto, praticidade, desempenho e novas facetas para os

materiais. Com essas experiências, quebra limites e paradigmas de suas aplicações. Um exemplo de peças já comercializadas é a camiseta da marca RADIATE, que com a mudança de temperatura corporal mediante a prática de exercício físico faz com que ocorra uma alteração de cor, mostrando o desempenho do atleta ou usuário (Figura 6).

Figura 6- A marca Radiative comercializa roupas que mudam de cor de acordo com a temperatura do corpo.

Fonte: <http://menknowpause.fooyoh.com>, 2012.

A moda, ou qualquer artigo produzido com este fim, tem em seu fundamento o material, no caso geralmente os tecidos. Os tecidos e suas inovações são de grande valor quando se fala em mercado, pois definem a estética geral de um produto, suas variações em cores, texturas e caimentos, podendo mudar completamente o estilo de um vestuário ou objeto.

Quando há uma pesquisa de tendências ou até mesmo de comportamento neste segmento, a primeira indústria a ser alcançada é a têxtil, pois é dela que nascem os tecidos que futuramente se tornarão roupas e estarão nos mercados, em grandes marcas e magazines.

O mercado têxtil, para estar atualizado e com novidades, precisa sempre estar à frente das tendências, independente dos produtos que estejam no mercado. A busca por criar novas fibras e novos filamentos, para poder oferecer novidades ao mercado, demanda estudos densos e extensos, o que determina a necessidade de se antever as tendências, pois até se chegar ao produto final, passa-se por um período de pesquisa e produção que pode se

estender antes de chegar ao consumidor final. Quando as peças chegam nas lojas, para a indústria têxtil, os materiais já estão datados. Estima-se um intervalo de dois anos, para os produtos serem finalizados e estarem prontos para os consumidores (DICKERSON, 2003).

2.7 Alta costura e inovação

O início da alta costura é datado de meados do século XIX, isso veio ao encontro da vontade da realeza de cada vez mais se diferenciar e buscar artigos cada vez mais luxuosos, tais como vestidos e objetos extraordinários, refinados e nobres, utilizando sofisticados métodos de fabricação, despertando desejo por sua perfeição, estética e exclusividade, tornando as criações únicas e pouco acessíveis (ROCHE, 2008).

O primeiro *couturier* historicamente conhecido foi o inglês Charles Frederick Worth, pioneiro na arte de criar roupas sob medida para a realeza e alta burguesia. Ele se intitulava criador do vestuário-arte (TROY, 2003).

A história da alta costura acompanha a invenção das máquinas de costura. O crescimento da tecnologia fora assimilado aos novos criadores da área de fazer peças de vestidos e alfaiataria, modificando o perfil desses profissionais, que deixavam de ser artesãos passando a aprimorar técnicas e novas ideias dos criadores (MARTIN ; KODA, 1996).

A alta costura é comparada, há algum tempo, com as artes visuais, pois utiliza-se de várias técnicas, como bordado, pintura e também de materiais diversos, utilizando elementos naturais, como penas e pedras preciosas, remetendo muitas vezes a costumes antigos. Os criadores percorrem o caminho que vai do conceitual ao artesanal, na busca de inovar ou criar algo exclusivo (MARTIN ; KODA, 1996).

Mestres de grandes *maisons* de moda – como Chanel, Schiaparelli, Yves Saint Laurent, Balenciaga e Gianni Versace – vêm utilizando esses conceitos desde o princípio e ao longo dos anos, utilizando e testando novas técnicas, tecidos e novos elementos de forma diferenciada. Como na peça de Chanel (Figura 7), em que foi utilizado o calor para modificar a estrutura das fibras do tecido de seda, a fim de chegar a uma nova estética para o tecido.

Figura 7- Detalhe do vestido de noite de Gabrielle Chanel de 1936.

Fonte: Haute Couture, 1996.

Atualmente, vários nomes da alta costura seguem esses parâmetros de inovação e essa busca por novos elementos. Surgiram nomes e laboratórios de criação, como Iris Van Herpen, holandesa que se formou pela *ArtEZ institute*, em Arnhem, Holanda. Ela enxerga a alta costura como um laboratório em que pode se expressar, testar novos materiais e técnicas. Uma coleção de alta costura toma mais tempo que o comum, o que torna viável a criação das peças, pois seus trabalhos estão atrelados a outras pessoas, como cientistas, que colaboram de forma imprescindível. Iris já se utilizou de técnicas como magnetismo (Figura 8) e o mais atual dos seus trabalhos faz uso da impressora 3D. As peças, neste caso, são feitas sob medida, com um estudo detalhado utilizando softwares específicos, e são criadas para seu desfile de alta costura (DAZEDDIGITAL, 2014).

Figura 8- Desfile de Iris Van Herpen, magnetismo.

Fonte: www.irisvanherpen.com/haute-couture, 2014.

2.8 A Importância de novos materiais

O grande avanço em termos de tecnologia no setor têxtil é assinalado e exemplificado por Bradley Quinn no livro *Textile Futures*, em que ele ressalta que os tecidos estão presentes principalmente na parte de inovação em várias áreas, como médica, robótica, esporte e até mesmo militar. Porém, o autor aponta que ainda há muito que se estudar e aprimorar. A tecnologia vem chegando como uma avalanche e os consumidores estão se inteirando cada vez mais. As divisões de classes e até mesmo de países já estão se quebrando, pois as tecnologias estão de certa forma se tornando acessíveis, de forma coerente, pois a sociedade também está evoluindo, e para acompanhar esta evolução é necessário estar a par das inovações (QUINN, 2010).

O setor têxtil mundial também caminha neste sentido, por estar diretamente ligado ao consumidor e seu comportamento. A indústria têxtil requer tecnologia para continuar competitiva em seu mercado. Assim vem se tendo grandes investimentos nestes setores (DICKERSON, 2003).

Em 2013, os investimentos totais realizados na cadeia têxtil em modernização e ampliação da capacidade produtiva (máquinas, instalações, treinamento, etc.) chegaram a US\$ 2,3 bilhões (IEMI, 2014).

2.9 Processos de acabamentos têxteis e utilização de silicone

O acabamento é a última etapa de produção dos tecidos. É a operação em que as propriedades finais são desenvolvidas. Não está restrito a processamentos molhados, pode ser qualquer operação para melhorar aparência ou utilidade de um tecido depois que ele sai do tear ou malharia. Os acabamentos podem ser por produtos químicos ou processos mecânicos para mudança na estética e/ou propriedades físicas, ou pode ser uma combinação dos dois acabamentos. Em acabamento químico, a água é usada como o meio para a aplicação de produtos químicos; também pode-se utilizar o calor (TOMASINO, 1992).

O acabamento mecânico é considerado uma operação seca, mesmo que a umidade e produtos químicos sejam frequentemente necessários para o êxito do processo. Dispositivos mecânicos são usados em ambas as categorias, sendo a principal distinção entre o dois a desejada mudança do tecido, química ou mecânica (TOMASINO, 1992).

Tecidos de fibras naturais ou sintéticas são modificados por meio de acabamento, revestimento e laminação, para obter, textura, propriedades estéticas e funcionais. Este processo tem sido um foco principal na indústria têxtil. Ao longo das últimas décadas têm ocorrido progressos significativos na aplicação de tecnologias, máquinas e processos de acabamento têxtil, revestimento e laminação (JOSHI; BUTOLA, 2013).

Os têxteis são ubíquos e são utilizados em todo o mundo para diversas finalidades todos os dias. Dependendo da aplicação, os têxteis podem ser tratados com biocidas que impedem ou inibem o crescimento de micro-organismos. Os biocidas são utilizados tanto para proteger o tecido dos efeitos do crescimento microbiano ou para proteger o utilizador de micro-organismos nocivos (WINDLER et al., 2013).

Existem várias técnicas para que um material têxtil adquira propriedades antimicrobianas. Uma delas é a incorporação de agentes antimicrobianos, como partículas de prata misturadas durante a produção das fibras sintéticas e artificiais.

O tecido pode também ter propriedades antimicrobianas utilizando técnicas de revestimento ou adsorção de agentes antimicrobianos sobre a superfície das fibras. Pode-se também imobilizar agentes antimicrobianos nas fibras pelas ligações iônicas ou covalentes,

mas são poluentes e têm alto custo de produção (KOSTIC et al., 2008, HEGEMANN et al., 2007).

Dentre todas essas técnicas, os tratamentos feitos por deposição de filmes, por plasma usado para criar revestimentos sobre o material têxtil, merecem atenção especial, pois as demais técnicas utilizam soluções coloidais para depositar filmes, o que exige o uso de água (TAO, 2000).

A utilização de nanopartículas de óxido de zinco (ZnO) como atividade antimicrobiana e fotocatalítica para o tratamento de têxteis tem recebido muita atenção nos últimos anos. Uma vez que a prata é um material antibacteriano bem conhecido, porém caro, é de interesse estudar o quanto uma pequena quantidade de prata aumenta a atividade antimicrobiana e fotocatalítica das nanopartículas de óxido de zinco menos caros (MARIBĂNESCU et al., 2014).

Com base na literatura científica, documentos regulamentares, bem como informações sobre o mercado, a prata (Ag, incluindo metálicos Ag e nanoformas AgCl), triclosan (TCS), compostos de amônio quaternário de silano (Si-QAC) e piritionato de zinco (ZnPT) também são estudados como agentes antimicrobianos (WINDLER et al., 2013).

Também podem ser aplicadas aos têxteis microcápsulas que contenham retardantes de chamas, desodorizantes, perfumes, amaciantes, antioxidantes, absorventes de raios UV, pigmentos que são indicadores reversíveis de temperatura etc. Os processos de aplicação podem ser por foulardagem, pulverização ou por esgotamento em uma solução, sem alterar seu comportamento nem sua cor. Em todos esses casos, é necessária a presença de um ligante para fixar as microcápsulas sobre o tecido, a fim de mantê-las depois das lavagens. Esse ligante pode ser um composto acrílico, de poliuretano, de silicone etc. (SÁNCHEZ, 2006). Nesses casos, o tecido pode ser de algodão, seda, lã ou de uma fibra sintética, o que amplia o campo de aplicação das fibras em relação ao indicado anteriormente, podendo-se efetuar a aplicação durante o processo de acabamento do tecido (SÁNCHEZ, 2006).

Kazemi e Mortazavi (2014) realizaram um estudo em que foi aplicado polímero de borracha de silicone sobre a estrutura de tecido de composição 100% algodão, sem e com microencapsulação de *Phase Change Materials* (PCM). Os PCMs são materiais utilizados no gerenciamento térmico, regulando flutuações de temperatura. A transferência de ar e a permeabilidade ao vapor de água dos tecidos tratados foram reduzidas, mas a

permeabilidade ao vapor de água dos tecidos de PCM foi tolerável. Como resultado, concluíram que a borracha de silicone pode ser aplicada sobre a estrutura têxtil para segurar PCMs e, quando não há necessidade de microencapsular materiais de mudança de fase, o têxtil tratado pode ser utilizado como um isolante térmico inteligente adequado.

2.10 Polímeros na indústria da moda

O início da história dos polímeros aconteceu na antiguidade, primeiramente como vedantes e como cola, mas seu aprimoramento se deu no século XVI, quando eram extraídos de árvores naturais das Américas, com a característica da alta elasticidade. Ao longo dos anos, muitos químicos famosos trabalharam sobre o material com o intuito de aprimorá-lo e dar-lhe novas características e funções, como a vulcanização, que consiste em atrelar ao material algum composto com enxofre para melhorar a sua durabilidade. Após a Segunda Guerra Mundial, na Alemanha, foram desenvolvidos os polímeros sintéticos, afim de não ficarem mais atados somente a borracha natural, por conta territorial e política (CANEVAROLO, 2002).

O aprimoramento dos estudos e o desenvolvimento da teoria das macromoléculas ocorrem no início dos anos 20, por Herman Staudinger, cientista alemão, que estudou os polímeros sintéticos e naturais – e obteve o Prêmio Nobel de Química, em 1953 (CANEVAROLO, 2010).

A definição da palavra “polímero” vem do grego “poli”, que significa muitos, e “mero”, como unidade de repetição. Trata-se, portanto, de um material orgânico (ou inorgânico) de alta massa molar, cuja estrutura consiste na repetição de pequenas unidades, como descreve a citação a seguir:

A matéria-prima para a produção de um polímero é um monômero, isto é, uma molécula com uma (mono) unidade de repetição. Dependendo do tipo do monômero (estrutura química), do número médio de meros por cadeia e do tipo de ligação covalente, poderemos dividir os polímeros em três grandes classes: plásticos, borrachas e fibras. (CANEVAROLO, 2010, p. 21).

Os polímeros, portanto, dividem-se em três classes, que se diferenciam por suas propriedades e tamanho das suas moléculas. Mas, ressalta Canevarolo, nem todos os compostos com massa molar baixa podem gerar algum tipo de polímero.

O nome polímero pode chegar a vários termos técnicos, os quais são aceitos internacionalmente. A lista é extensa, mas os mais utilizados e os mais complexos são destacados com maior frequência, como: macromolécula, oligômero, copolímero, terpolímero, biopolímero e etc.

Os plásticos se definem como materiais de alta massa molar, no estado sólido, e que podem se subdividir em: termoplásticos, como o polietileno e poliamida, e o termofixo, com a resina epóxi.

As fibras se definem como cadeias poliméricas posicionadas de forma paralela e de encontro longitudinal. Seu comprimento tem que ser sempre maior que seu diâmetro.

Finalizando dentro dessas classes com as borrachas, denominadas como elastômeros, que subentende-se como polímeros que se deformam com facilidade, mesmo em temperatura ambiente. A borracha pode ser um elastômero natural ou sintético e pode sofrer um importante processo químico denominado como vulcanização, que traz elasticidade e resistência ao material.

Algumas das fontes ou matérias-primas utilizadas na obtenção dos polímeros dependem de acordo com o tipo de produto e o custo que se almeja, podendo ser usados produtos naturais como celulose e a própria borracha natural. O uso da hulha ou carvão mineral é possível, extraíndo-se de seu gás o componente etileno. Por fim, encerrando as fontes, a mais importante é o petróleo, do qual extrai-se pela destilação do seu óleo cru o nafta, por exemplo, que é utilizado em polímeros (CANEVAROLO, 2002).

Os polímeros, conhecidos comercialmente como plásticos – tópico que será discutido e explicado mais para frente desta dissertação –, fazem parte de uma grande parcela de implementações nos avanços da tecnologia têxtil, pois podem ser desenvolvido para adquirir várias características e funções, que podem modificar e melhorar a superfície e até mesmo a construção dos materiais têxteis.

2.11 Utilização de polímeros na moda

Andreea Mandrescu

Designer romena formada pela renomada Central Saint Martin, onde começou o desenvolvimento de sua técnica com materiais diferenciados. Denomina sua linha de experimentos como “uma pele dentro de outra”, em que a designer busca beneficiar tecidos como seda e tecidos finos ou até mesmo o próprio silicone para fazer novas texturas e trazer cortes milimetricamente calculados, usando cola de corpo para aplicar na pele do usuário. Suas peças já são comercialmente usadas por grandes marcas, como a inglesa Alexander McQueen, no intuito de inovar em termos de materiais e texturas. As Figuras 9 e 10 mostram fotos das peças da designer Andreea Madrescu.

Figura 9- Peça da designer Andreea Madrescu.

Fonte: <http://www.andreemadrescu.com>, 2011.

Figura 10- Aplicação do designer.

Fonte: <http://www.andreeamandrescu.com>, 2011.

Os polímeros e suas aplicações podem ser amplamente utilizados no intuito de chegar a algo novo, sendo aplicados a diversos materiais, como os substratos têxteis. Essa busca tem o intuito de criar novos produtos, com estética e aparência nova no mercado. Como se entende no discurso da autora Sabine Seymour em seu livro, *Fashion Aesthetics*:

Com o aparecimento de tecidos e materiais inteligentes, como tecidos condutivos, ligas com memória de formato e plásticos eletrônicos, inovando a interface e forma como artigos da moda são criados. Design de moda como “a arte de criação para o corpo” ganha importância. A construção de vestimentas tecnológicas requer conhecimentos especializados que reincidentem na indústria da moda. As palavras moda, ciência e tecnologia rapidamente surgem. (SEYMOUR, 2010, p. 28)

O uso destes tipos de materiais, como a borracha, já pode ser encontrado no mercado com outras funcionalidades, não muito ligadas à parte estética do produto e sim a fatores técnicos, como proteção e isolante térmico, já que a troca de calor com o uso deste tipo de material é limitada; ele também pode funcionar como impermeabilizante em alguns objetos ou peças de vestuário.

No caso do silicone, contém muitos atributos e características adequados a materiais de alto desempenho, são quimicamente estáveis e podem se submeter a altas

temperaturas, chegando até 300°C. Isso indica resistência e bom desempenho para aplicação e produção e moldes (ASHBY; JOHNSON, 2011).

2.12 Silicone

Neste trabalho, o polímero utilizado foi a borracha de silicone líquida, comercialmente conhecida como Borracha de Silicone B1. A diferença desta para outros tipos de borracha são os fatores como a facilidade de ser vulcanizada, ganhando novos formatos e podendo até ser injetada em formas (MORTON, 1989).

Frederick Stanley Kipping é considerado o pioneiro do silicone. Em 1823, Berzelius conseguiu isolar o metal silício (Si) e, juntamente com o Prof. Dr. Wholer, conseguiram sintetizar os primeiros clorosilanos. O silicone é derivado do cristal da rocha quartzo e somente em 1940 o processo direto para produção dos metilclorosilanos foi descoberto MORTON (1989 apud COSER, 2009).

A borracha de silicone foi descoberta em 1946 pelo Dr. J.F. Hyde, da Dow-Corning Corp, que percebeu que, adicionando pequenas quantidades de sólidos alcalinos aos ciclos, se obtinha uma borracha de silicone de qualidade superior à borracha natural. Os primeiros a introduzir grupos insaturados no final da cadeia de polímero de silicone foram J.C. Caprino e R.J Prochaska MORTON (1989 apud COSER, 2009). Outro passo de grande importância foi dado em 1943, quando Wright e Oliver mostraram que era possível fazer uma borracha de qualidade superior usando reticulação com peróxido de benzoíla em temperatura elevada MORTON (1989 apud COSER, 2009). Em 1958, a Rhône Poulenc registrou a sua primeira patente: um polímero de silicone que vulcanizava a temperatura ambiente (BORRACHA DE SILICONE, 2014).

Atualmente, os silicones são largamente utilizados na indústria automobilística, na construção civil, em cosméticos e cuidados pessoais, na eletroeletrônica, na medicina, em produtos de limpeza e na indústria têxtil (ABIQUIM, 2014).

Além de serem extremamente versáteis, assumindo diferentes formatos (fluídos, borrachas, emulsões, pastas e graxas, resinas), eles são quimicamente estáveis (não reagem em contato com produtos químicos) e compatíveis com diversos materiais. Os silicones protegem as superfícies, são resistentes às variações de temperatura (de -40 °C até 316°C) e à ação de fungos e bactérias. São excelentes isolantes elétricos, não corrosivos e não

agredem o meio ambiente, entre outras propriedades. O quadro 2 mostra algumas características e aplicações dos silicones.

Quadro 2- Características e aplicações dos silicones.

Características	Aplicações
Lubrificante	Cosmético e cuidados pessoais Produtos para lavagem de roupas Acabamentos têxteis Lubrificantes
Revestimento	Agente antiespumante Liberadores de aditivos
Uso em altas temperaturas	Borrachas Selantes
Biocompatibilidade	Medicina Produtos cirúrgicos
Baixa condutividade elétrica	Produtos de isolamento elétrico
Resistência á oxidação	Selante Cabos Aplicações de transferência de calor
Durabilidade e resistência á água	Construção civil Têxtil

Fonte: (ABIQUIM, 2014).

O silicone, mais precisamente chamado siloxano ou polisiloxano é um polímero inorgânico-orgânico com fórmula química $[R_2SiO]_n$ onde R é um radical orgânico, como exemplo, metil, etil, fenil ou fluoroalquil. A borracha de silicone utilizada neste trabalho é um composto (polidimetilsiloxano), que contém radicais metila. A primeira borracha de silicone produzida comercialmente está representada na Figura 11.

Figura 11- Estrutura química do mero da borracha de silicone.

Fonte: COSER, 2009.

Basicamente sua estrutura química consiste de Silício e Oxigênio (Si - O), elementos que formam sua cadeia polimérica. Esta formação estrutural das borrachas de silicone é que responde pela propriedade de excelente resistência a larga faixa de temperaturas, bem como à de resistir à oxidação e a degradação pelo ozônio. Basicamente estas são as principais diferenças características das borrachas de silicone (ou polisiloxanos) em comparação aos elastômeros hidrocarbônicos (polímeros orgânicos) (GARBIM, 2014). Ver ilustração abaixo Figura 12 e 13.

Figura 12- Esquema estrutural da cadeia polimérica da borracha natural (polímero).

Fonte: GARBIM, 2014.

Figura 13- Esquema estrutural de cadeia polimérica de borracha de silicone (dimetil).

Fonte: GARBIM, 2014.

Esta ligação silício-oxigênio é idêntica às estruturações encontradas em materiais altamente estáveis como o quartzo, o vidro e a areia, o que dá a excelente performance de resistência a altas e baixas temperaturas, à degradação por oxigênio, ozônio, intemperismo, efeito corona e irradiações (GARBIM, 2014). O Quadro 3 mostra uma estimativa de tempo de vida da borracha de silicone.

Quadro 3- Estimativa de tempo de vida da borracha de silicone.

Temperatura de serviço (°C)	Tempo estimado de vida em serviço
90	40 anos
121	10-20 anos
150	5-10 anos
200	2-5 anos
250	3 meses
315	2 semanas

Fonte: BORRACHA DE SILICONE, 2014.

A borracha de silicone é uma mistura à base de poli(dimetilsiloxano) com massa molar entre 300.000 a 700.000g/mol. A borracha de silicone já foi utilizada em mais de 5 mil produtos (HOLMANN, 1989), em especial elastômeros sintéticos, que proporcionam um excelente balanço entre propriedades químicas, mecânicas e resistência a ampla gama de temperatura, características estas muito requeridas em diversas aplicações industriais e automotivas (GARBIM, 2014).

As borrachas de silicone apresentam singular desempenho em artefatos submetidos a altas e baixas temperaturas, mantendo excepcional estabilidade. Ainda oferece ótima flexibilidade, boa resistência química e a intempéries, excelentes propriedades de isolamento elétrico e superior força de vedação em anéis e retentores. Devido a sua pureza e características químicas, oferecem excepcional biocompatibilidade, o que permite seu emprego em muitos artefatos médicos e farmacêuticos, alimentos, entre outros (GARBIM, 2014).

Considerando-se a variedade de famílias e tipos de elastômeros especiais existentes à disposição das indústrias transformadoras, as borrachas de silicone reservam certa distinção, pois são originárias de materiais inorgânicos, como a areia de praia.

A vulcanização é um processo de reticulação pelo qual a estrutura química da borracha é alterada. Os elastômeros (borrachas) são materiais poliméricos reticuláveis, a temperatura inferiores à sua temperatura de decomposição. A vulcanização polimérica é um processo químico de fundamental importância, que ocorre quando as cadeias poliméricas lineares ou ramificadas são interligadas por ligações covalentes, um processo conhecido

como *crosslinking* ou ligação cruzada, ou seja, ligações entre cadeias lineares que produzem polímeros tridimensionais com alta massa molar. Com o aumento da reticulação, a estrutura se torna mais rígida. A borracha é um exemplo de ligação cruzada de um sistema de vulcanização (COSER, 2009; CANEVAROLO, 2002).

Um sistema de vulcanização contém agentes de vulcanização (enxofre, óxidos metálicos, compostos disfuncionais e peróxidos) e, se necessário, aceleradores, ativadores, retardadores, etc., usados para produzir as características de vulcanização desejadas. A vulcanização pode ser obtida de duas formas: a vulcanização a altas temperaturas (*high temperature vulcanizing*, HTV) e a vulcanização (*room temperature vulcanizing*, RTV) (COSER, 2009; MUHAMMAD ; MUHAMMAD, 2006; ZHU et al., 2006).

No caso, deste trabalho a borracha é uma mistura de polidimetilsiloxanos e cargas reforçantes. Na ficha técnica, o fabricante coloca que RTV oferece vantagens tais como: alta flexibilidade, resistência a altas temperaturas (até 150º C) e perfeita cópia da matriz com retração mínima. (FICHA TÉCNICA).

Com relação às cargas, até alguns anos atrás, estavam associadas somente à redução de custo do material polimérico, porém, nos últimos anos, tornou-se amplamente reconhecido que a carga modifica propriedades mecânicas do material em que é misturada. As cargas são adicionadas para proporcionar dureza, tenacidade, rigidez, resistência à abrasão, condutividade elétrica e propriedades dinâmicas. As forças de interação existentes entre o elastômero e as cargas são razões pelas quais as cargas reforçam as borrachas. Como exemplos de cargas ou reforçantes, podem-se citar a mica, a fibra de vidro curta ou longa, o hidróxido de magnésio, a celulose, a wollastonia, a gipsita, o negro de fumo as argilas, os pós-metálicos (alumínio, ferro ou níquel), as fibras de aço, além de diversos retardantes a chama (FERRIGNO, 1987).

Os principais ingredientes de um composto de borracha de silicone são: o polímero de silicone, cargas reforçantes, auxiliares de processos específicos e agentes de cura; porém, outros aditivos ainda podem ser incorporados ao composto, quando se deseja intensificar algumas propriedades técnicas, em particular maior resistência ao envelhecimento por calor, resistência a óleo, retardamento de propagação de chama, maior endurecimento ou amaciamento do composto e desmoldante interno. O Quadro 4 mostra ingredientes para compostos com borracha de silicone.

Quadro 4- Ingredientes para compostos com borracha de silicone.

Ingredientes	Característica	Quantidade PHR
Polímero de silicone	Material base	100
Carga reforçante	Propriedade mecânica	0 a 80
Carga inerte	Redução de custo, resistência a óleo	0 a 50
Auxiliar de processo	Processabilidade e estabilidade. “Shelf life”*	Depende da quantidade carga reforçante
Peróxido orgânico	Agente de cura	-
Óxidos metálicos	Resistência a óleo e a reversão	0 a 10
Óxido de ferro	Pigmento e estabilizante para altas temperaturas	0 a 10
Dióxido de titânio	Branqueador e estabilizador para altas temperaturas	0 a 7
Retardante de chama	Resistência a inflamabilidade	2 a 10
Aditivo de endurecimento	Aumenta consistência do composto e dureza	0,5 a 1,5
Amaciante	Amaciamento do composto	1 a 10
Aditivo para altas temperaturas	Resistência a altas temperaturas	0 a 0,8
Desmoldante interno	Facilitar desmoldagem interna	0 a 1

Fonte: (GARBIM, 2014).

PHR – quantidades referidas a 100 partes de borracha (*Per hundred rubber*).

* “Shelf life” diz respeito ao tempo que um item pode ser mantido em prateleira.

2.12.1 Mercado mundial e brasileiro de silicone

Em 2012, foram produzidos 1,8 milhão de toneladas de silicone (Figura 13). Esse mercado de silicone alcançou um valor de 14 bilhões de dólares (BAIN; COMPANY, 2014).

O crescimento observado do mercado global de silicone, em volume, foi de 2,9%, ao ano entre 2002 e 2012. Para o período de 2012 a 2022, espera-se um crescimento mais acelerado, a uma taxa de 4,7% ao ano (BAIN; COMPANY, 2014).

Figura 14- Mercado global de silicone (em milhões de toneladas).

O crescimento entre 2022 a 2027 foi estimado pelo PIB
 Fonte Freedonia (2013), LCA Consultores, Análise Bain/ Gas Energy
 Fonte: BAIN; COMPANY, 2014.

O mercado brasileiro de silicones foi de 295 milhões de dólares em 2012 o equivalente de cerca de 2% do mercado mundial e 55% do mercado da América do sul e da América Central. Em volume, o consumo local foi de 41 mil de toneladas em 2012. Entre 2002 e 2012 o mercado cresceu em média 4,4% ao ano, e a projeção para o período de 2012 a 2022 indica um crescimento mais acelerado de 5,4% ao ano (Figura14).

Figura 15- Mercado global de silicone (em milhões de toneladas).

(*) O Consumo aparente calculado pelo Consórcio foi de 41 mil toneladas em 2021.

O crescimento entre 2022 a 2027 foi estimado pelo PIB.

Fonte Freedonia (2013), LCA Consultores, Análise Bain/ Gas Energy.

Fonte: BAIN; COMPANY, 2014.

Em 2012, no Brasil foram importados cerca de 20 mil toneladas de silicone e exportadas 6 mil, representando um déficit de 14 mil toneladas e 93 milhões de dólares na balança. Esse déficit equivale a cerca de 40% do mercado interno de silicone em volume (BAIN; COMPANY, 2014).

Os principais produtores mundiais de silicone, não incluídos os fabricantes de derivados específicos, são: Dow Corning Silicones, Wacker Chemie AG, Momentive Performance Materials, Bluestar Silicones, Evonik Industries, e Shin-Etsu Silicones (esta ainda sem atuação no mercado brasileiro) (AZEVEDO, 2014).

Segundo a literatura, os silicones podem ser caracterizados por análises térmicas, Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC) e Termogravimétrica (TG), espectroscopia no infravermelho, Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), análise por Espectroscopia de Energia Dispersiva (EDS) (A. DUPONT, 2014). Neste trabalho, além dessas técnicas foi utilizada a análise colorimétrica após lavagem doméstica e a seco.

2.13 Utilização das técnicas de Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC) e Termogravimétrica (TG)

A análise térmica por meio das curvas de DSC traz informações importantes sobre o material, como suas transições endotérmicas e exotérmicas em função da variação da temperatura. Quando submetidas a várias curvas de aquecimento e resfriamento, pode ser analisada a sua estabilidade térmica (CANEVAROLO, 2005).

A termogravimetria (TG) é uma técnica de análise térmica na qual a variação da massa da amostra (perda ou ganho) é determinada em função da temperatura e/ou tempo, enquanto a amostra é submetida a uma programação controlada de temperatura. Essa técnica possibilita conhecer as alterações que o aquecimento pode provocar na massa de uma substância.

Os experimentos para avaliar as variações de massa de um dado material em função da temperatura são executados mediante uma termobalança (associação forno–balança), que deve permitir o trabalho sob as mais variadas condições experimentais (diferentes atmosfera gasosa e massa de amostra, variadas razões de aquecimento e/ou condições isotérmicas em temperaturas específicas, etc. As curvas geradas fornecem informações quanto à estabilidade térmica da amostra, a composição e a estabilidade dos compostos

intermediários e do produto final. Durante os processos térmicos, a amostra deve liberar um produto volátil devido a processos físicos ou químicos, tais como desidratação, vaporização, dessorção, oxidação, redução etc., ou deve interagir com o gás da atmosfera atuante no interior do forno resultante em processos que envolvem ganho de massa, tais como absorção, oxidação de ligas ou metais e óleos. As variações de massa podem ser determinadas quantitativamente (CANEVAROLO, 2005).

As curvas de termogravimetria derivada (DTG) aperfeiçoam a resolução e são mais facilmente comparadas a outras medidas (CANEVAROLO, 2005). Correspondem à derivada primeira da variação de massa em relação ao tempo (dm/dt), que é registrada em função da temperatura ou do tempo.

2.14 Utilização de FTIR

A espectroscopia no infravermelho é uma técnica muito utilizada na identificação de compostos orgânicos (SILVERSTEIN et al., 1979); a região de maior utilidade para os químicos orgânicos está situada entre 4.000 e 666 cm^{-1} ($2,5$ a $15,0\text{ }\mu\text{m}$), mas até moléculas simples podem produzir espectros extremamente complexos. Os espectros de compostos desconhecidos são comparados aos de uma amostra conhecida, e a correlação pico a pico constitui boa identidade, visto ser pouco provável que dois compostos diferentes tenham o mesmo espectro no infravermelho, à exceção de pares enantioméricos. É a presença de bandas características de grupos que permite a obtenção, através de simples exame do espectro e consulta a tabelas, de informações estruturais úteis.

No caso de moléculas mais complexas, a simples comparação de espectros não resulta necessariamente em identificação. Isso, mesmo quando os espectros são obtidos com alta resolução, em equipamento interferométrico e tratados com transformadas matemáticas (FTIR).

2.15 Utilização das técnicas de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Análise por Espectroscopia de Energia Dispersiva (EDS)

A microscopia eletrônica de varredura (MEV) é utilizada para analisar características micro estruturais dos materiais, permitindo ampliar até 300 mil vezes (DEDAVID et al., 2007).

Devido à necessidade de interação do feixe eletrônico com a amostra, alguns elétrons são absorvidos pela amostra que deve conduzi-los para o fio terra. Caso isso não ocorra, é possível tornar a amostra condutora por meio de vários processos físicos, como a evaporação ou a deposição de íons (sputtering). Outro motivo para o recobrimento das amostras é que as camadas depositadas podem melhorar o nível de emissão de elétrons, pois emitem mais elétrons que o material da amostra, facilitando a construção da imagem. O recobrimento por deposição de íons metálicos de ouro (Au), liga de ouro paládio (Au-Pd) ou platina (Pt) são os mais utilizados (DEDAVID et al 2007).

O princípio de funcionamento do MEV consiste na emissão de feixes de elétrons por um filamento capilar de tungstênio (eletrodo negativo), mediante a aplicação de uma diferença de potencial que pode variar de 0,5 a 30 KV. Essa variação de voltagem permite a variação da aceleração dos elétrons, e também provoca o aquecimento do filamento. A parte positiva em relação ao filamento do microscópio (eletrodo positivo) atrai fortemente os elétrons gerados, resultando numa aceleração em direção ao eletrodo positivo. A correção do percurso dos feixes é realizada pelas lentes condensadoras que alinham os feixes em direção à abertura da objetiva. A objetiva ajusta o foco dos feixes de elétrons antes dos elétrons atingirem a amostra analisada (www.degeo.ufop.br, 2013).

O EDS (energy dispersive x-ray detector, EDX ou EDS) é um acessório essencial no estudo de caracterização microscópica de materiais. Quando o feixe de elétrons incide sobre um mineral, os elétrons mais externos dos átomos e os íons constituintes são excitados, mudando seus níveis energéticos. Ao retornarem para sua posição inicial, liberam a energia adquirida a qual é emitida em comprimento de onda no espectro de raios-x. Um detector instalado na câmara de vácuo do MEV mede a energia associada a esse elétron. Como os elétrons de um determinado átomo possuem energias distintas, é possível, no ponto de incidência do feixe, determinar quais os elementos químicos estão presentes naquele local e assim identificar em instantes que mineral está sendo observado. O diâmetro reduzido do feixe permite a determinação da composição mineral em amostras de tamanhos muito reduzidos ($< 5 \mu\text{m}$), permitindo uma análise quase que pontual (DEGEO, 2013).

2.17 Avaliação da cor em têxteis

O sistema colorimétrico mais utilizado na indústria têxtil é o sistema CIELab. Este sistema baseia-se na comparação entre os valores obtidos em um padrão e os valores obtidos numa amostra (CRISCUOLLO, 2008). Este sistema foi criado em 1976, pela *Commission International de l'Éclairage* (CIE) para expressar a cor numericamente para substituir o diagrama de cromaticidade, que não era adequado para o controle de qualidade das indústrias que controlavam padrões colorimétricos. É um sistema de coordenadas tri-dimensional, L^* , a^* e b^* , em que os valores destes eixos são calculados a partir dos valores tristímulos (X, Y, Z) (BERTOLINI, 2010).

A representação gráfica destas coordenadas pode ser observada na Figura 15. Através destas coordenadas conseguimos localizar cores no espaço $L^*a^*b^*$ (CRISCUOLLO, 2008).

Figura 16- Diagrama CIELab.

Fonte; BERTOLINI, 2010.

Em que:

- L^* = Representa o nível de luminosidade da amostra, com valores variando de 0 (totalmente preto) a 100 (totalmente branco);
- a^* = Representa o nível de verde e vermelho da amostra, onde valores (+) indicam que a amostra está avermelhada e valores (-) está

b^* = Representa o nível de azul e amarelo da amostra, onde valores (+) indicam que a amostra está amarelada e valores (-) está azulada.

O espectro da luz visível é compreendido por uma faixa muito estreita de comprimento de onda, que vai de 400 a 700 nm. Cada cor está associada a um faixa de comprimentos de onda específica dentro do espectro visível (CRISCUOLLO, 2008) e sua percepção depende da interação de três componentes: iluminante, observador e objeto (RUIZ, 2003).

O grau de emissão ou reflexão espectral de uma determinada superfície corresponde à porcentagem de luz refletida em cada faixa da luz visível (normalmente em intervalos de 10 nm). É, portanto, a relação entre a luz refletida e a luz incidente em cada comprimento de onda. O branco, por exemplo, teria uma reflexão teórica de 100%, enquanto que o preto, de 0%.

As grandezas colorimétricas utilizadas neste estudo como parâmetro de performance são: as coordenadas L^* a^* b^{**} , a diferença da cor nos três eixos $L^*a^*b^*$ (ΔE^*), índice de brancura CIE e a avaliação de cor comparada a Escala Cinza de Alteração da Cor.

Os valores de $L^*a^*b^*$ são calculados a partir dos tristímulos X_n , Y_n e Z_n que, para um branco perfeito, dependem do iluminante e do ângulo do observador (CRISCUOLLO, 2008).

Os valores de ΔE^* foram calculados através da Equação 1:

$$\Delta E^*_{ab} = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad \text{Equação 1}$$

Em que:

L^* = Representa o nível de luminosidade da amostra, com valores variando de 0 (totalmente preto) a 100 (totalmente branco);

a^* = Representa o nível de verde e vermelho da amostra, onde valores (+) indicam que a amostra está avermelhada e valores (-) está esverdeada;

b^* = Representa o nível de azul e amarelo da amostra, onde valores (+) indicam que a amostra está amarelada e valores (-) está azulada.

3 JUSTIFICATIVA

Levantadas todas estas questões mencionadas na revisão bibliográfica, este trabalho busca aprimorar o processo de aplicação do polímero borracha de silicone em materiais têxteis, assim criando novas texturas e novos conceitos para superfícies têxteis. Espera-se, assim, obter um novo tipo de aplicação, modificando a estética de materiais dos mais simples aos mais complexos.

Os materiais têxteis vêm cada vez mais sendo aprimorados, pois a procura de novas técnicas e tecnologias se torna cada vez maior nesta área, com grandes investimentos voltados não só à obtenção de produtos funcionais, mas também em algo inovador quanto às características estéticas em relação a substratos já existentes no mercado. Pois o próprio consumidor fica ávido de novidades e está sempre em busca de um diferencial.

Inovações e pesquisas relacionadas a materiais têxteis estão em constante crescimento, pois as novas texturas, aplicações e métodos de produção são o que levará essa indústria a novos caminhos. Muito se estuda a fim de chegar a novas opções e no intuito de acompanhar a demanda da sociedade que a cada dia está mais “cheia” de novas tecnologias.

Alguns tecidos são criados e são usados para finalidades diversas, não somente para o vestuário, eles são uma grande parcela de um mercado que ainda por alguns é desconhecido, como exemplifica Jenny Udale:

Com o desenvolvimento de nanotecidos, as possibilidades são ainda maiores – um tecido pode servir para administrar lentamente um medicamento na pele ou ser um meio de comunicação, em roupas em que a cor muda de acordo com a temperatura do corpo ou com o humor da pessoa. (UDALE, p. 10)

O desenvolvimento de forma correta de aplicação do polímero implica na geração de novos produtos que poderiam ser inseridos e comercializados no mercado.

4 OBJETIVOS

O objetivo principal desse trabalho foi investigar e analisar o processo de aplicação do polímero Borracha de Silicone B1 em substratos têxteis, visando a dar nova estrutura e textura ao material.

Para atingir esse objetivo foram propostas as seguintes etapas:

- Estudar formas de aplicação da borracha de silicone no substrato têxtil;
- Analisar comportamento térmico por Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC) e Termogravimetria (TG);
- Avaliar o revestimento de borracha no substrato têxtil por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV);
- Avaliar o desempenho a lavagem doméstica e a seco, e
- Aplicar a borracha em substratos têxteis e criação de produtos com texturas e estruturas aplicados a peça de alta costura.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 Materiais

Tecidos: Foram utilizadas malha branca 100% algodão, com gramatura de 125 g/m² g tecido plano 100% algodão, renda 100% algodão, renda 100% poliéster e renda 100% poliamida.

Borracha: Borracha de Silicone B1 (Figura 17). Segundo instruções do fabricante é elastômero a base de silicone, bi-componente, polimerizável à temperatura ambiente. Composição: misturas de polidimetilsiloxanos e cargas reforçantes. Este produto apresenta-se sob a forma líquida, após a adição de catalisador se transforma em uma borracha semirrígida. Antes da catálise, apresenta aspecto líquido: viscoso, viscosidade 7.500 cps, densidade 1,43. O Silicone não é inflamável, não é corrosivo, nem especialmente tóxico (FICHA TÉCNICA DO PRODUTO).

Figura 17- Borracha B1.

Pigmentos: O pigmento escolhido para essa fase do trabalho foi na cor preta, sendo este utilizado em tecidos na área da estamparia, especificamente a serigrafia, seu uso é compatível e indicado para aplicar sobre material têxtil.

Primeiramente foram realizados ensaios para avaliar as condições de preparo da borracha de silicone, quanto ao volume de catalisador a ser utilizado, temperatura e tempo de secagem. Foram realizados ensaios testando o volume de catalisador (0,75, 2,5 e 5 mL) dentro da faixa indicada pelo fornecedor, formas de aplicação da borracha em malha e tecido plano de algodão, temperatura (125°C a 180 °C) e tempo de secagem (30 a 90 min). Com base nesses resultados foram realizados novos ensaios utilizando um volume de 3 mL de catalisador, temperatura 150° C e tempo de secagem (30 min). As amostras de malha e tecido plano de algodão sem e com revestimento com 60 g de borracha e 5 mL de catalisador foram caracterizadas por análises térmicas DSC e TG e espectroscopia de infravermelho FTIR. Também foram realizados ensaios de citotoxicidade e microscopia eletrônica de varredura.

Após caracterização foram desenvolvidas 6 peças trabalhando algumas possibilidades que o material oferece, conforme já mencionado não foi objetivo trabalhar ambiência e cartela de cores.

5.2 Preparo da borracha e aplicação no tecido e malha

Foram testados três concentrações diferentes de catalisador (1,5, 2,5 e 8,3)%, sendo o indicado pelo fornecedor é 2,5%. Os volumes de 0,75, 1,5 e 5 mL de catalisador foram utilizados. Em Béquer de 250 mL, foram pesadas três amostras de 60 g da borracha e adicionado o catalisador nos volumes de 0,75, 1,5 e 5 mL em cada Béquer. A homogeneização foi realizada com o auxílio de um bastão de vidro. Depois de adicionado o catalisador os 60 g de borracha foram distribuídos em seis amostras de (10 X 10) cm, sendo três de malha e três tecidos planos. Esse procedimento foi repetido para cada quantidade de catalisador. As amostras foram, colocadas em uma superfície plana de granito Figura 18 e revestidas com a borracha utilizando cilindro de polipropileno. O cilindro simulando um Foulard. Também foram preparadas amostras de tecido em malha, com aplicação manual com intuito de dar formas e *coating* com aspecto diferenciado.

As amostras revestidas foram colocadas na estufa com temperatura de 125°C, e foram retiradas as amostras com 30, 60 e 90 mim.

Foi realizado um experimento com 60 g de borracha e 5 mL de catalisador, na temperatura de 150 mim, por 90 mim.

Figura 18- Corpos-de-prova utilizados nos experimentos. (a) Amostra de malha (10 x 10) cm e (b) Amostra de tecido (10 x 10) cm.

(a)

(b)

5.3 Calorimetria Exploratória Diferencial – DSC e Termogravimetria – TG

Foram pesadas 2 mg das amostras de malha 100% algodão sem e com revestimento e tecido 100% algodão sem e com revestimento e que foram colocadas em porta amostra de alumínio hermeticamente fechados e submetidas a análise em Calorímetro de Varredura DSC 7020 (Exstar, SII Nano Technology Inc., Japão) com atmosfera de nitrogênio de 50 mL min⁻¹ e na razão de aquecimento de 10 °C min⁻¹, na faixa de temperatura de 25 a 400°C. O elemento químico Índio foi utilizado como padrão para calibrar a escala de temperatura e a resposta de entalpia.

A Termogravimetria foi realizada por meio da termobalança TG/DTA 7200 (Exstar, SII Nano Technology Inc., Japão) com atmosfera de nitrogênio de 100 mL min⁻¹, utilizando amostra de malha 100% algodão sem e com revestimento e tecido 100% algodão sem e com revestimento e cerca de 3,5 mg, acondicionadas em cadinho de platina na faixa de temperatura de 25 a 600°C, na razão de aquecimento de 10°C min⁻¹. Antes dos ensaios, foi verificada a calibração do instrumento empregando-se um padrão de oxalato de cálcio. As análises de DSC e TG foram realizadas no Laboratório de Farmacotécnica do Departamento de Farmácia da FCF/USP do prof. Dr. Humberto Gomes Ferraz.

5.4 Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR)

As amostras de malha e tecido sem e com revestimento foram analisadas na região do infravermelho em espectrofotômetro Spectrum GX Perkin Elmer. Foi utilizado o método DRIFT (Reflexão Difusa no Infravermelho com Transformada de Fourier). A faixa espectral varrida foi de 400 a 4000 cm⁻¹, com resolução de 4 cm⁻¹ e 16 varreduras. No Departamento de Biotecnologia da Escola de Engenharia de Lorena – EEL/USP.

5.5 Cultura de células

5.5.1 Cultivo e expansão dos fibroblastos (NIH3T3)

Para esse estudo foi utilizado fibroblastos da linhagem NIH3T3. As células foram cultivadas em meio de cultura DMEM (Meio de Eagle modificado por Dulbecco – NUTRICELL) suplementado com 10% de SFB (Soro Fetal Bovino - NUTRICELL), e incubadas em estufa a 37°C contendo 5% de CO₂. Após atingirem a subconfluência as células foram subcultivadas utilizando-se a enzima tripsina, responsável por dissociar as células do frasco de cultura

(0,25% tripsina, 1 mM EDTA- Sigma-Aldrich), mantidas por 5 minutos na estufa de CO₂ a 37°C, em seguida a tripsina foi inativada com meio de cultura DMEM com 10% SFB . As células foram transferidas para um tubo falcon de 15 mL (TPP® - Techno Plastic Products) e centrifugadas a 1.200 rpm por 5 minutos a 4°C. Após a centrifugação o sobrenadante foi descartado e as células foram ressuspensas em um novo meio DMEM com 10% SFB. Após isso, foi realizada a contagem celular por meio do protocolo do azul de tripan. Este corante é responsável por corar as células inviáveis. Posteriormente, as células foram utilizadas para os ensaios experimentais.

5.5.2 Preparo dos grupos experimentais

Nesse experimento foram utilizadas 3 grupos experimentais correspondentes aos tecidos tecido de 100% algodão revestido (Grupo 1); malha 100% algodão revestida (Grupo 2); e malha 100% algodão (Grupo 3).

Seguindo as recomendações da ISO nº 10.993-5, as concentrações usadas para o experimento foram de 1 cm² de tecido por 1mL de DMEM 10% SFB, ou seja 1 cm²/mL. Os tecidos foram então cortados e adicionados no meio DMEM 10% SFB (proporção de 1cm²/mL) e incubado a 37° por 24 horas. Dos extratos obtidos foram usados os extratos brutos (sem diluição) e os extratos diluídos na mesma quantidade de meio (50%). Os grupos experimentais foram divididos conforme mostra a Tabela 1.

Além dos grupos experimentais, foram realizados os grupos controle positivo (Meio DMEM 10% SFB) e controle negativo (Meio DMEM 1% SFB). Todos os experimentos foram feitos em sextuplicatas.

Tabela 1- Divisão dos grupos experimentais.

Grupos	Tipo de Tecido (Extrato Bruto - EB)	Tipo de Tecido (50% de concentração do EB)
Grupo 1	Tecido de 100% algodão revestido	Tecido de 100% algodão revestido
Grupo 2	Malha 100% de algodão revestido	Malha 100% de algodão revestido
Grupo 3	Malha 100% algodão	Malha 100% algodão
Controle positivo	Meio DMEM 10% SFB	Meio DMEM 10% SFB
Controle negativo	Meio DMEM 1% SFB	Meio DMEM 1% SFB

5.5.3 Análise da viabilidade celular

5.5.3.1 Plaqueamento celular

Para os ensaios de viabilidade foram plaqueadas 2×10^3 células/poço em placas de 96 poços. Após incubação por 24h, o meio de cultivo foi substituído por meio DMEM complementado por 10% de SFB e condicionado com os tecidos. Cada placa foi analisada em um tempo experimental de 24, 48 e 72 horas após a adição do meio condicionado. Após cada período experimental, o meio de cultura foi removido, as células foram lavadas com PBS e em seguida foi realizado o ensaio de redução do MTT e Cristal violeta.

5.5.3.2 Redução do MTT

A análise da atividade mitocondrial das células foi realizada pelo método da redução do MTT (brometo de 3-(4,5-dimetiltiazol-2-yl)-2,5- difeniltetrazólio) (MOSSMAN, 1983). Esse teste quantifica a conversão do MTT, que é solúvel em água, em um formazan insolúvel. O formazan, de cor azul purpúrea, é solubilizado e, então, sua concentração pode ser determinada pela densidade óptica em espectrofotômetro. Em cada período experimental (24, 48 e 72 horas) as células foram lavadas com PBS, em seguida as células foram incubadas numa solução de 1 mg de MTT para 1mL de DMEM sem SFB, essa solução foi preparada no momento do seu uso e foi filtrada em filtro *Millipore* (0,22 μ m) antes de ser adicionado nas placas. Após esse procedimento, as placas foram deixadas por 4h a 37°C; em seguida

removeu-se a solução, o pigmento insolúvel reduzido intracelularmente foi extraído em DMSO (dimetilsulfóxido) e deixado em temperatura ambiente por 30 minutos. Posteriormente, a absorbância foi mensurada a 562 nm (*LEITORA SYNERGY MX MONOCHROMATOR-BASED BIOTEK*).

5.5.3.3 Cristal Violeta

O ensaio de Cristal Violeta é responsável por corar os ácidos nucleicos das células (KUENG et al., 1989). Em cada período experimental (24, 48 e 72 horas), os meios de cultura de todos os grupos experimentais foram removidos, as células foram lavadas duas vezes com PBS e em seguida foi adicionado metanol 100% durante 10 minutos. Após esse período retirou-se o metanol e adicionou-se a solução de cristal violeta 0,2% em etanol 20% por 3 minutos. Em seguida removeu-se a solução e lavou-se novamente duas vezes os poços com PBS para remover o excesso do corante. Por fim, acrescentou-se a solução de citrato de sódio 0,05 mol.L⁻¹ com etanol 50% durante 10 minutos. A absorbância foi determinada a 540nm (*LEITORA SYNERGY MX MONOCHROMATOR-BASED BIOTEK*).

5.5.3.4 Análise dos resultados dos ensaios de viabilidade celular

A análise estatística do ensaio de Cristal Violeta foi feita no *software GraphPad Prism 5* selecionando o teste estatístico *two-way* ANOVA, pós-teste Bonferroni, com indicação de $p < 0,05$. Essa análise foi realizada no Laboratório de Bioquímica da Faculdade de Odontologia de Bauru, Departamento de Ciências Biológicas da Universidade de São Paulo.

5.6 Microscopia Eletrônica de Varredura – MEV e Análise por Espectroscopia de Energia Dispersiva (EDS)

As amostras de malha e tecido antes e após revestimento com borracha foram colocadas em um suporte com fita de carbono e revestidas com platina. As análises de MEV foram realizadas em baixo vácuo. Foi utilizado um microscópio Quanta 600 FEG da marca FEI do Laboratório de Caracterização Tecnológica LCT do Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. A amplitude utilizada para a análise das amostras foi de 50 a 1000 vezes.

5.7 Processo de lavagem doméstica

As lavagens serão realizadas utilizando uma máquina top load da marca Brastemp Active Clean 6th Sense, de uso doméstico com capacidade de 9 kg. As lavagens serão realizadas seguindo o ciclo de lavagem nas condições: nível de água: baixo; temperatura da água de lavagem: fria; enxágue: duplo e centrifugação: normal, totalizando um processo de 57 min. Será utilizada uma concentração de banho de 1,11 g/L de detergente em pó no processo de lavagem de todas as amostras, de acordo com instrução do fabricante.

5.8 lavagem a seco (LS)

As amostras foram submetidas ao processo de lavagem a seco, na máquina de lavagem a seco Suzuki sz156w utilizando método indicado para peças brancas, contemplando 4 min de lavagem com solvente percloroetileno PA à quente, 10 min de secagem, 3 min de resfriamento e 3 min de deodorizador.

5.9 Avaliação colorimétrica instrumental

Foram determinados os parâmetros (L^* , a^* , b^* , e apresentado respectivos deltas e (dE^*) na escala CIEL*a*b*, utilizando iluminante D65, ângulo do observador de 10°, medida de reflexão especular inclusa e filtro UV. Foi utilizado um espectrofotômetro Minolta cm-2600d disponível no Laboratório Têxtil da EACH/USP.

5.10 Revestimento de borracha em tecido de renda

As amostras de renda foram cortadas em tamanhos variados respeitando os desenhos a fim de dar um aspecto diferenciado, mas suas massas foram medidas anteriormente, assim como as amostras (10 x 10) cm de malha e tecido plano. Para a aplicação na renda foi utilizada a borracha na cor natural e outra parte com o pigmento preto. Utilizando-se 30 g de borracha natural aplicada em duas amostras e 30 g de borracha acrescentados 10 g de pigmento. As borrachas foram colocadas em um Béquer e adicionado 3 mL de catalisador para sua secagem, assim cada mistura feita separadamente. Em uma superfície lisa foi espalhado manualmente a borracha nas amostras de renda e em sequencia colocadas em uma folha de sulfite. A escolha pelo sulfite se deu por conta da sua textura ser

a mais lisa possível e de não comprometer nos resultados, ressaltando que em todo o processo, na estufa, ele não sofreu qualquer deformação ou mudança de cor. A estufa foi estabilizada em 130°C e as amostras permaneceram por um período de 60 min, para secagem completa.

5.11 Desenvolvimento das peças utilizando borracha de silicone

No início do desenvolvimento das peças foi definido o uso de dois substratos têxteis que melhor sintetizam e representam o intuito da coleção, utilizando de conceito da Alta costura foram selecionadas a Renda de poliamida e Guipir, renda de algodão, buscando o melhor efeito e contrastes nas peças finais. Foram criadas seis peças finais, com as rendas aplicadas em vestidos, saias e como adereço.

5.11.1 Vestido tomara que caia curto

No primeiro vestido, “tomara que caia curto”, foi utilizada a renda 100% poliamida (Figura 19), com massa inicial de 16 g de renda, combinada a 56 g borracha de silicone, com um volume de 3 mL de catalisador. A mistura foi preparada em um Béquer utilizando bastão de vidro. Posteriormente foi aplicada manualmente sob a superfície da renda (Figura 20) e levada em para a estufa a 150 °C por 30 min. Após a retirada da renda da estufa e resfriamento, foi costurada manualmente ao vestido curto, posicionando-a na cintura, respeitando a estética da peça.

Figura 19- Renda 100% poliamida antes da aplicação da borracha de silicone.

Figura 20- Recortes da renda de poliamida com borracha de silicone aplicada.

5.11.2 Vestido com comprimento longo

No Vestido, com comprimento longo, foi utilizada também a renda 100% poliamida, com coloração azul e massa inicial de 11 g (Figura 21) na mesma foi aplicada 48 g de borracha de silicone com volume de 3 mL de catalisador (Figura 22), levados a estufa a 150°C por 30 min. Após a retirada da peça de renda da estufa, foi aplicada a alça do vestido, o material foi dividido em duas partes similares, para assim serem aplicados nas duas alças.

Figura 21- Renda 100% poliamida na cor azul sem aplicação de silicone.

Figura 22- Renda com borracha aplicada e moldada de forma diferenciada.

5.11.3 Primeira Saia

Na saia, foi utilizada a renda 100% poliamida na cor marfim como na Figura 19. A massa inicial da renda sem a aplicação da borracha foi de 23 g. Na renda foram aplicado 60 g de borracha e 3 mL do catalisador, com mesmo tempo na estufa, de 30 min e temperatura de 150°C. Após o período de 30 min. a renda foi retirada da estufa, e aplicada à peça final manualmente na parte do forro da saia, tomando cuidado com o novo formato que a renda adquiriu assim unindo os dois elementos para se chegar a um resultado.

5.11.4 Segunda saia

Na segunda saia foi utilizada a renda *guipir* 100% algodão na cor branca (Figura 23). A massa inicial da renda sem a aplicação da borracha foi de 49 g. Na renda foram aplicados 100 g de borracha e 9 mL de catalisador, com mesmo tempo de secagem na estufa, de 30 min e temperatura de 150°C. Após o período de 30 min. a renda foi retirada da estufa, e costurada a peça final manualmente (Figura 68 e 69).

Figura 23- Amostra da renda de 100% algodão, Guipir, antes da aplicação da borracha.

5.11.5 Acessório

Na quinta peça, foi desenvolvido um acessório para ser utilizado de várias formas, como adereço de cabeça e como detalhe no vestuário. Foi utilizada à renda 100% poliamida na cor marfim (Figura 24), com massa inicial de 5 g recortada em cinco partes, nas quais foram aplicados 25 g borracha e 2 mL de catalisador. A mistura foi levada a estufa por 20 min. a temperatura de 150 °C. As partes da renda com borracha revestida foram retiradas da estufa, montado e aplicado a uma base de algodão própria para este tipo de finalidade e uso.

Figura 24- Recortes da renda 100% poliamida, antes da aplicação da borracha.

5.11.6 Sapato

A sexta peça criada foi aplicada a um sapato. Nesta proposta foi utilizada renda 100% poliamida, na cor branca (Figura 25), com massa inicial de 1,5 g, onde foram aplicadas 20 g de borracha e 2 mL de catalisador. Em seguida a renda foi levada a estufa por 20 min. a temperatura de 150 °C. Após o período de tempo na estufa, a peça foi retirada e aplicada ao sapato com cola especial para couro.

Figura 25- Amostra renda 100% poliamida branca, antes da aplicação da borracha.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Análise das condições de preparo da borracha de silicone no têxtil.

Primeiramente foram realizados alguns ensaios para avaliar a quantidade de catalisador necessária para secagem da borracha, tempo e temperatura. O catalisador funciona como um composto para acelerar a secagem da amostra. Foram testadas volumes de catalisador (0, 75, 1,5, 3 e 5 mL), temperaturas (125 a 180°C) considerando a temperatura de passadoria de cada fibra e tempo de secagem de 30 a 90 min.

As Tabelas 2 e 3 mostram a variação da massa em função do revestimento de borracha no tecido de malha e plano 100% algodão.

Pode-se observar na Tabela 2 que os valores de massa da malha após o revestimento com a borracha foram maiores na faixa de (76,9 - 82,6) %. Quando a borracha é colocada manualmente não se tem o controle o *pick up*, o que não acontece no foulard. Com a possibilidade de impregnar os rolos do foulard com a borracha e catalisador não foi realizado o ensaio. E também pelo fato da composição do silicone não ser à base de água. E o foco de aplicação do revestimento com borracha ser para peças de alta costura, ou seja, peças exclusivas com aplicação manual.

Tabela 2- Resultado da variação massa em função do revestimento de borracha em malha com temperatura de secagem de 125°C.

Amostra	Tempo (min)	Catalisador (mL)	Massa antes Revestimento (g)	Massa após Revestimento (g)
1 ^a	30	0,75	1,501	8,605
2 ^a	60	0,75	1,483	8,570
3 ^a	90	0,75	1,512	8,864
1b	30	1,5	1,355	5,873
2b	60	1,5	1,369	6,021
3b	90	1,5	1,446	8,331
1c	30	5	1,578	9,054
2c	60	5	1,611	7,626
3c	90	5	1,442	6,936

a, b e c = Triplicatas das amostras de malha.

Observando-se a Tabela 3 os valores de massa dos tecidos após o revestimento com a borracha foram na faixa de (86,9 - 87,2)% maiores.

Tabela 3- Resultado da variação massa em função do revestimento de borracha em malha com temperatura de secagem de 125°C.

Amostra	Tempo (min)	Catalisador (mL)	Massa antes Revestimento (g)	Massa após Revestimento (g)
1 ^a	30	0,75	1,219	9,382
2 ^a	60	0,75	1,193	9,054
3 ^a	90	0,75	1,275	9,750
1b	30	1,5	1,200	9,188
2b	60	1,5	1,178	8,977
3b	90	1,5	1,138	8,853
1c	30	5	1,158	8,896
2c	60	5	1,226	9,486
3c	90	5	1,136	8,841

a, b e c = Triplicatas das amostras de tecido plano.

As Figuras 26 a 30 mostram o aspecto da malha e do tecido impregnado com a borracha de silicone.

Figura 26- Malha de algodão (10 x 10) cm e revestida com (60 g de borracha e 1,5 mL de catalisador), na temperatura de 125°C, por 180 mim. Espalhamento cilindro de polipropileno.

A borracha com 1,5 mL de catalisador na temperatura de 125°C, por 180 mim, não secou na malha e tecido (Figura 27 e 28). Essas amostras ficaram na parte inferior da estufa, e pode-se observar nas Figuras 29 e 30, que ocorreu um amarelecimento. Também pode-se observar que o papel alumínio não foi adequado, o ideal seria um material de teflon, metálico com superfície lisa.

Figura 27- Malha de algodão (10 x10) cm revestida com (60 g Borracha e 1,5 mL de catalisador), na temperatura de 150°C, por 30 mim. Espalhamento manual.

Figura 28- Malha de algodão (10 x10) cm revestida com (60 g Borracha e 1,5 mL de catalisador), na temperatura de 150°C, por 30 mim. Espalhamento manual.

Figura 29- Malha de algodão (10 x 10) cm e revestida com (60 g de borracha e 1,5mL de catalisador), na temperatura de 125°C, por 180 mim. Espalhamento cilindro de polipropileno.

Figura 30- Malha de algodão (10 x10) cm recoberto com borracha e 1,5 mL de catalisador, na temperatura de 125°C, por 180 mim. Espalhamento cilindro de polipropileno.

A Figura 31 mostra a malha de algodão, com efeito, pregueado. Nesses experimentos foram utilizados 5 mL de catalisador e temperatura 125°C.

Figura 31- Malha de algodão com efeito pregueado.

Quanto foi utilizado 5 mL de catalisador nas amostras, observou-se que durante a aplicação da borracha no material já deu início a secagem, conforme a Figura 32. Para secagem completa permaneceu na estufa por 90 min. (Figura 33 e 34).

Figura 32- Malha de algodão - 60 g de borracha e 5 mL de catalisador, na temperatura de 125°C, por 90 min.

Figura 32- Malha de algodão - 60 g de borracha e 5 mL de catalisador, na temperatura de 150°C, por 90 min.

Figura 32- Malha de algodão - 60 g de borracha e 5 mL de catalisador, na temperatura de 125°C, por 90 min.

6.1 Análise Calorimetria Exploratória Diferencial – DSC e Termogravimetria – TG

A calorimetria exploratória diferencial (DSC) é aquela que acompanha as mudanças do calor na amostra, durante o aquecimento ou resfriamento, em relação a um material de referência inerte.

A termogravimetria (TG) é a técnica termo analítica na qual as alterações na massa da amostra (perda ou ganho) são determinadas em função da temperatura e/ou tempo.

O desempenho de polímeros orgânicos de silicones contra a temperaturas altas ou baixas, é verificado quando são usados métodos de análise térmica, como a análise termogravimétrica (TG) ou calorimetria de varrimento diferencial (DSC), com ar ou sob atmosfera inerte. Nesta última condições, o início da despolimerização do polímero de espécies cíclicas é normalmente encontrada em temperaturas mais elevadas do que 350 ° C. No entanto, os vestígios de ácido ou de base são suficientes para diminuir significativamente a temperatura à qual a decomposição começa a ocorrer, catalisando o re-equilíbrio do polímero em espécies voláteis de baixa massa molar. TG é a técnica mais apropriada para a medição do aparecimento de perda de massa (modo de rampa de temperatura) ou a quantidade de perda de massa a um (modo isotérmica) (A. DUPONT, 2014).

As amostras de malha, tecido sem e com revestimento foram submetidas às análises de DSC e TG (Figura 34 a 41).

Na curva de TG da malha (Figura 35), pode-se observar que até 100° C a perda de massa foi de 2,1%. A amostra começa perder massa na temperatura 223,8°C; e de fato a degradação ocorre à temperatura 342°C. A perda de massa é de 87,8% até 600°C.

Com relação à Curva de TG da malha revestida (Figura 37) pode se observar que a amostra começa perder massa a 181,9°C há perda de massa em duas etapas (curva vermelha). A primeira perda de massa ocorre a 338,9°C (provavelmente devido à presença de voláteis) e a segunda 507°C. Pode-se observar na Figura 38 um pico endotérmico a 341,3°C. No caso da malha revestida, a presença de inorgânicos (Si) que não degradou.

Figura 33- Curva de DSC da malha (sob atmosfera inerte de nitrogênio com fluxo de gás 50 mL/min.), com razão de aquecimento de 10°C/min. de 25 a 400 °C.

Figura 34- Curva de TG da malha (sob atmosfera inerte de nitrogênio com fluxo de gás 100 mL/min.), com razão de aquecimento de 10°C/min. de 25 a 600°C.

Figura 35- Curva de DSC da malha revestida (sob atmosfera inerte de nitrogênio com fluxo de gás 50 mL/min.), com razão de aquecimento de 10°C/min de 25 a 400°C.

Figura 36- Curva de TG da malha revestida (sob atmosfera inerte de nitrogênio com fluxo de gás 100 mL/min.), com razão de aquecimento de 10 °C/min. de 25 a 600 °C.

Figura 37- Curva de TG da malha revestida (sob atmosfera inerte de nitrogênio com fluxo de gás 100 mL/min.), com razão de aquecimento de 10 °C/min de 25 a 600°C.

Figura 38- Curva de TG da malha revestida (sob atmosfera inerte de nitrogênio com fluxo de gás 100 mL/min.), com razão de aquecimento de 10 °C/min. de 25 a 600°C.

Figura 39- Curva de DSC do tecido revestido (sob atmosfera inerte de nitrogênio com fluxo de gás 50 mL/min.), com razão de aquecimento de 10°C/min de 25 a 400°C.

Figura 40- Curva de TG do tecido revestido (sob atmosfera inerte de nitrogênio com fluxo de gás 100 mL/min.), com razão de aquecimento de 10 °C/min. de 25 a 600°C.

A Figura 39 mostra a curva de TG do tecido, pode-se observar que a perda de massa começa a 250,5° C. Pode-se observar também, que há perda de massa em duas etapas (curva vermelha). A primeira perda de massa ocorre a 363,5°C e segunda 430°C. Na Figura 38 observam-se dois picos endotérmicos um a 239,2°C e outro a 364,5°C.

No caso da curva de TG do tecido revestido (Figura 40) pode ser observada uma perda de massa inicial a 161,6°C e dois picos de degradação um a 255°C e o outro a 395,9°C.

Os dados encontrados na análise de TG para a malha e tecido revestidos referentes à temperatura mostram valores de temperaturas iniciais de perda de massa superiores a 150°C indicado na Ficha Técnica da Borracha de silicone utilizada neste trabalho.

6.2 Analise de FTIR das amostras de malha, tecido plano sem e com revestimento revestido

As amostras de malha e tecido sem e com revestimento foram analisadas por espectroscopia na região do infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) (Figuras 42 e 43).

A espectroscopia de infravermelho é um método aplicado à análise de silicones e, em particular, espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR), é a técnica mais fácil para detectar a presença de silicones e obtenção de informações sobre a sua estrutura. Silicones têm bandas de absorção fortes na faixa do espectro infravermelho médio, em 1260, 1100-1000 e 770 cm^{-1} , o que significa que os níveis tão baixos quanto 1% pode ser detectada. Este método diferencia polidimetilsiloxano, trimetilsililoxino grupos, e materiais do tipo copolímero (A. DUPONT, 2014).

Figura 41- Espectros FTIR das amostras de malha de algodão 100%, Verde: malha, Azul: malha revestida revestido. (Transmitância x número de onda cm^{-1}).

Figura 42- Espectros FTIR das amostras de tecido plano de algodão 100%, Verde: Tecido plano, Azul: Tecido revestido. (Transmitância x número de onda cm^{-1}).

Assim, com relatado por Kodama (1997), nas Figuras 42 e 43 aparecem picos de 650-850 cm^{-1} que correspondem às deformações axiais das ligações Si-C e de 600-900 cm^{-1} , que corresponde à deformação axial Si-O. As frequências de 659 cm^{-1} , 684 cm^{-1} , 703 cm^{-1} , 824 cm^{-1} , 862 cm^{-1} corresponde à deformação axial da ligação Si-CH, e as frequências de 1052 cm^{-1} e 111 cm^{-1} à deformação axial Si-O. As frequências de 1262 cm^{-1} e 1440 cm^{-1} correspondem à deformação angular simétrica no plano da ligação Si-CH. As frequências de 1408 cm^{-1} , 1948 cm^{-1} , 2907 e 2964 cm^{-1} correspondem à deformação axial simétrica da ligação C-H (KODAMA, 1997).

Em plásticos flexíveis geralmente utiliza-se os ftalatos di-(2-etil-hexila) DEHP que são um grupo bem conhecido de plastificantes. A maioria dos produtos de PVC, por exemplo, contém o plastificante DEHP variando de 30 a 80% (m/m). Como o DEHP, não é quimicamente ligado ao plástico, é uma séria fonte de contaminação pela simples difusão para os meios ou fluidos em contato. Reconhecendo a toxicidade do ao ftalato de di-(2-etil-hexila) DEHP, a US EPA (Environmental Protection Agency) fixou a concentração do mesmo em água em 6 ppb e o uso de plastificantes tóxicos foi proibido em brinquedos que vão à boca de crianças (CHEN et al. (2004 apud ESTEVES et al., 2007).

Na literatura também foi encontrado que ftalatos de alquila, como etilhexilo (DOP), são normalmente utilizados em termoplástico como plastificante. Estes ésteres alifáticos são

caracterizados por uma forte banda de absorção em 1732 cm^{-1} (C=O) (NGUYEN, 2014). No caso, deste trabalho não foi encontrado picos nessa banda (Figura 42 e 43).

Outras técnicas de infravermelho baseados como FTIR / ATR ou FTIR / DRIFT são usadas especificamente para detectar silicones adsorvidos sobre um substrato. No entanto, em muitos casos, a camada de silicone no topo da superfície da amostra é tão fina que só a impressão digital da massa da amostra é visto. As amostras podem ser preparadas de uma forma melhor por meio de extração utilizando um bom solvente: hexano (a maioria dos alcanos são adequados), metilisobutilcetona, tolueno ou de siloxano tetra-hidrofurano durante mais copolímeros polares tais como poliéteres de silicone. No entanto, a extração rendimentos de recuperação pode ser significativamente reduzido se o siloxano liga fortemente ao substrato. Este problema é muitas vezes encontrado com siloxanos amino funcional (A. DUPONT, 2014).

No caso de moléculas mais complexas, a simples comparação de espectros não resulta necessariamente em identificação. Isso, mesmo quando os espectros são obtidos com alta resolução, em equipamento interferométrico e tratados com transformadas matemáticas (FTIR).

6.3 Análise de Microscopia Eletrônica de Varredura e EDS

Foram realizadas as análises de MEV para observar o material antes e após a aplicação da borracha de silicone. As análises foram realizadas na malha e tecidos sem e com borracha e 5 mL de catalisador (Figuras 44 a 49).

Figura 43- MEV das amostras de Malha de algodão e EDS.

Malha de algodão 100X

EDS da Malha de algodão

Malha de algodão 500X

EDS da Malha de algodão

A Figura 44 (a) mostra a estrutura da malha que foi utilizada nesse estudo. Pode-se observar no item (b) que a diferença no EDS da malha de algodão e malha de algodão revestido (d) com a borracha foi à presença de Silício. A EDS é uma técnica que auxilia nas informações quanto ao indício dos elementos presentes na amostra.

Figura 44- MEV das amostras de tecido de algodão e EDS.

(a) Tecido de algodão 100X

(b) EDS Tecido de algodão

©Tecido algodão revestido 500X

(d) EDS de tecido algodão revestido

Pode-se observar na Figura 45 (b) que a diferença do EDS do tecido de algodão e tecido de algodão revestido (d) com a borracha também foi à presença de Silício.

Figura 45- MEV da malha e tecido revestidos com borracha. Ampliação de 100X.

Malha de algodão 1000X

Tecido de algodão 1000X

Figura 46- MEV da amostra de tecido plano 100% algodão.

Malha de algodão 500X

Tecido de algodão 500X

As Figuras 46 e 47 mostram as fibras da malha e do tecido com um aspecto regular sem deformações que são observados com processo de lavagem e passadoria.

Figura 47- MEV da seção transversal da amostra de malha revestida com borracha 284 X.

Figura 48- MEV da seção transversal da amostra de tecido revestido com borracha 180 X.

Nas Figuras 48 e 49 pode-se observar que tanto a malha quanto o tecido plano apresentaram as fibras impregnadas com a borracha de silicone. Pode-se observar também que o silicone penetra no lado avesso do tecido, o que ajuda a dar estruturas nas peças.

6.4 Caracterização das amostras sem e com revestimento quanto a citotoxicidade

Amostras de malha e tecido 100% algodão sem e com revestimento foram analisadas quanto à citotoxicidade.

6.4.1 Redução do MTT

No período de 24 horas notou-se que a viabilidade celular dos grupos tratados com o meio condicionado com os tecidos, tanto com o extrato bruto como a diluição de 50%, não variou muito. Todos os grupos foram inferiores aos controles positivo e negativo no período de 24 horas e obtiveram resultados próximos à zero, ou seja, indicando intensa redução de viabilidade celular (sugestivo de morte celular) (Gráfico 1). No período de 48 horas houve um panorama bastante semelhante os grupos apresentaram viabilidade celular bastante reduzida (Gráfico 1). O último período, 72 horas, apresentou uma continuação dos resultados obtidos nos períodos anteriores. Para o experimento com o extrato diluído (50%) os grupos 3, 4 e 6 a viabilidade celular foi próxima a zero (Gráficos 1).

Gráfico 1- Análise da redução do MTT de células NIH3T3 tratadas com meio condicionado (Extrato Bruto) e condicionado 1:1 (diluição de 50%) com os tecidos; além dos controles positivo e negativo, nos períodos de 24, 48 e 72 horas. * = $p < 0,05$.

6.4.2 Cristal violeta

Os resultados com o cristal violeta foram bastante semelhantes aos testes do MTT. No período de 24 horas notou-se que a viabilidade celular dos grupos tratados com o meio condicionado com os tecidos, tanto com o extrato bruto como a diluição de 50% na oscilou. Os grupos 1, 2 e 3 que obtiveram resultados próximos a zero, ou seja, indicando intensa redução de viabilidade celular (sugestivo de morte celular) (Gráfico 2). No período de 48 horas houve um panorama bastante semelhante. O último período, 72 horas, apresentou uma continuação dos resultados obtidos nos períodos anteriores novamente para os grupos 3, 4 e 6 a viabilidade celular foi próxima a zero (Gráficos 2).

Gráfico 2- Análise do Cristal violeta de células NIH3T3 tratadas com meio condicionado com os tecidos (Extrato Bruto) e (diluição de 50%); além dos controles positivo e negativo, nos períodos de 24, 48 e 72 horas. * = $p < 0,05$.

O ensaio de citotoxicidade é mais utilizado para caracterizar a toxicidade de biomateriais implantáveis, pode-se observar pelos resultados que é um teste muito sensível para tecido. As fibras e os tecidos passam por vários processos químicos de beneficiamento para melhorar propriedades físicas, toque e aparência, e no caso deste trabalho mesmo para a malha 100% algodão os resultados mostraram uma intensa redução de viabilidade celular (sugestivo de morte celular), tanto para o extrato bruto quando para o diluído.

Também foi utilizado o silicone e o catalisador. A diferença apresentada na análise de EDS do tecido de algodão e tecido de algodão revestido com a borracha foi à presença de Silício.

Segundo FEARON (1986) apud ISENMANN (2014) os polidimetilsiloxanos, $\text{Me}_3\text{SiO}(\text{SiMe}_2\text{O})_n\text{SiMe}_3$, com viscosidades entre 10 a 100.000 mPa.s FEARON, (1986 apud ISENMANN, 2014), não revelaram toxicidade durante a administração por vias de exposição típicas BRIQUET (2014 apud ISENMANN, 2014). Devido à elevada massa molar não são absorvidos no trato gastrointestinal, mas são excretados sem modificação. Eles também não são absorvidos através da pele LINEAR POLYDIMETHYLSILOXANES (1994 apud ISENMANN 2014). Os estudos *in vitro* não indicaram efeitos mutagênicos LINEAR POLYDIMETHYLSILOXANES (1994 apud ISENMANN 2014). Doses orais ou cutâneas repetidas não tiveram efeitos, testados em diferentes espécies.

A inalação de aerossóis de materiais oleosos, incluindo os silicones, pode provocar perturbações físicas do revestimento nas regiões alveolares dos pulmões SEHSC (2001 apud

ISENMANN, 2014). Siloxanos de massas molares mais baixas quer cíclicos ou lineares, são frequentemente utilizados em cosméticos (desodorantes; xampus, cremes de pele), devido à sua volatilidade e à sensação de pele seca. O material linear de massa molar mais baixo é o hexametildissiloxano, $\text{Me}_3\text{SiOSiMe}_3$ (HMDS), que tem uma viscosidade de apenas 0,48 mPa.s.

A aplicação de silicone em têxtil já existe em vários produtos como: fitas elástica, fitas rígidas, rendas, meias medicinais, meias finas, aplicações localizadas (etiquetas) e modeladores de corpo. No Brasil a Silicotex já vem desenvolvendo esses produtos. A aplicação de resina também é realizada em parapentes, paraquedas asas deltas, balões de ar quente, ultraleves, velas náuticas e barracas (SILICOTEX, 2014).

Na área médica, por exemplo, borrachas de silicone que apresentam características como: estabilidade térmica e oxidativa, boa flexibilidade e elasticidade, compatibilidade com tecidos e com o sangue, inerte e não tóxico. Podem ser aplicadas em tubagens, ampliações mamárias, aplicações vasculares, lentes intraoculares, cateteres, cirurgia plástica e reconstrutiva, substituição de ossos e cartilagens (RABELO et al., 2011).

No caso desse trabalho, foi realizada uma tentativa de ser fazer um ensaio de potencial antialérgico. As amostras de malha e tecido foram enviadas para o laboratório na Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto FCFRP/USP. Mas, a análise não pode ser realizada, em função não solubilização do tecido e do silicone, pelos solventes nas concentrações indicadas nos protocolos. E diretamente da amostra da borracha de silicone, também não foi possível em função do aspecto leitoso.

As informações do fabricante com relação à borracha de silicone B1 são “não é inflamável, não é corrosivo, nem especialmente tóxico” (FICHA TÉCNICA). Pelas análises de FTIR e EDS, aparentemente não apresenta toxicidade.

Neste trabalho foram utilizados substratos têxteis e a borracha de silicone para o desenvolvimento das texturas e estruturas aplicadas nas peças criadas. Mas, o silicone ficou sempre sobre o substrato utilizado e não em contato direto com a pele.

6.5 Avaliação colorimétrica após lavagens doméstica e a seco

As amostras de malha e tecido plano de algodão revestido com borracha de silicone antes dos processos de lavagens doméstica e a seco e após primeira e segunda lavagens foram submetidas à avaliação colorimétrica.

Tabela 3- Avaliação colorimétrica da malha revestida com silicone após duas lavagens.

Amostras	Processo de lavagem	Iluminante D65			
		dL*	da*	db*	dE*
Malha	1º doméstica	-0,20	-0,04	-0,96	0,98
	2º doméstica	0,31	-0,42	-0,80	0,96
	1º seco	0,22	-0,10	-0,8	0,83
	2º seco	-0,09	-0,21	0,21	0,31
Tecido	1º doméstica	-1,09	-0,47	-0,02	1,18
	2º doméstica	-1,82	-0,31	1,66	2,48
	1º seco	0,44	0,11	-0,64	0,78
	2º seco	-0,99	0,65	-3,35	3,52

Pode-se observar na Tabela 4 que a amostra de malha, não apresentou diferença na cor após as lavagens. Enquanto que a amostra de tecido após a segunda lavagem doméstica apresentou uma diferença na cor (dE^*) de 77,8 % maior do que da primeira lavagem.

Na primeira lavagem a seco a amostra de malha revestida apresentou valores de luminosidade do controle (L^*) de 78,49 e da amostra (L^*) de 78,72 essa diferença não perceptível na avaliação visual, o valor de (dE^*) de 0,83 também foi menor que 1.

Com relação à segunda lavagem a seco da malha, os valores de luminosidade foram (L^*) de 78,49 para o controle e (L^*) de 78,40 para amostra. O valor de (dE^*) de 0,31 também foi menor que 1, não perceptível na avaliação visual.

No caso do tecido revestido, estes apresentaram maior variação da cor, após a lavagem tanto doméstica quanto a seco. As amostras também ficaram visualmente mais degradadas. A variação da cor nas duas lavagens foi maior no segundo processo, com valores de (dE^*) de 2,48 e (dE^*) de 3,52, perceptível na avaliação visual. Nesse caso a lavagem a mão seria mais indicada.

Essa diferença entre o tecido e a malha está provavelmente relacionada com a estrutura têxtil, já que ambas são fibras de algodão.

Os tecidos de malha são caracterizados pelo entrelaçar dos fios têxteis, sendo esses sempre no mesmo sentido, ou todos na trama (horizontal) ou todos no urdume. Processo realizado com a ajuda de agulhas. Malha é uma superfície têxtil, formada pela interpenetração de laçadas ou malhas que se apoiam lateral e verticalmente, provenientes de um ou mais fios, que são divididas em: por Urdume e Trama (MALUF; KOBE, 2003).

Os tecidos são resultantes do entrelaçamento de dois conjuntos de fios que se cruzam em ângulo reto. Os fios dispostos no sentido horizontal são chamados de fios de "trama" e os fios dispostos no sentido vertical são chamados de urdume. Estes tecidos são produzidos no processo de tecelagem, que é o ato de tecer, entrelaçar fios de trama com os de urdume. Este processo pode ser artesanal ou tecelagem manual (MALUF; KOBE, 2003).

6.6 Novas superfícies e pigmentações

Com a realização dos primeiros ensaios pode-se avaliar a temperatura ideal para a secagem total da borracha aplicada a malha e ao tecido, a qual seria de 125°C, juntamente com as medidas ideais do catalisador para a borracha, para cada 30 g de borracha são necessários 3 mL de catalisador. No intuito de possibilitar um melhor espalhamento sem secagem imediata, foram realizados novos testes que tiveram o princípio de aprimorar a aplicação e avaliar o comportamento do material. Também foram testadas pigmentações, na busca de diversificar o processo e trazer mais elementos estéticos. Assim foram selecionadas algumas superfícies que trariam efeitos interessantes, tanto na textura como na estrutura, no caso a tentativa de um efeito plissado manual. Foram utilizadas rendas de algodão, comercialmente conhecida como *guipir* e as sintéticas, as quais são mais comuns comercialmente no grande varejo.

Figura 49- Amostra de tecido plano 100% algodão.

Figura 50- Amostra de tecido plano 100% algodão com borracha e pigmento na cor preto.

Figura 51- Amostra de tecido plano 100% algodão com borracha e pigmento na cor preto.

Figura 53- Amostra de tecido plano 100% algodão com borracha.

Figura 52- Amostra de renda 100% poliéster.

Figura 53- Amostra de renda 100% poliéster, aplicada borracha com pigmento na cor preta.

Figura 54- Amostra de renda 100% algodão.

Figura 55- Amostra de renda 100% algodão, aplicada borracha com pigmento na cor preta e plissada.

Figura 56- Amostra de renda 100% poliamida cor azul revestida com borracha.

Figura 57- Amostra de renda 100% poliamida.

Figura 58- Amostra de renda 100% poliamida com aplicação de borracha sem pigmentação.

6.7 Desenvolvimento das peças utilizando a borracha de silicone

Foram selecionadas algumas superfícies que trariam efeitos interessantes, tanto na textura como na estrutura. Foram utilizadas rendas de poliamida, comercialmente classificadas como do tipo sintéticas, que são mais comumente encontradas no grande varejo. Estas novas superfícies podem ser observadas nas Figuras 61 a 71.

No início do desenvolvimento das peças, foram definidos dois substratos têxteis que melhor sintetizam e representam a estética buscada neste trabalho, usando o conceito da alta costura. Foi selecionada a renda de poliamida e a de algodão (guipir), buscando o melhor efeito e contrastes nas peças finais. Foram criadas seis peças, com as rendas aplicadas em vestidos e saias e como artefato para se usar com acessórios.

A definição da escolha pelo número de seis peças se deu na busca de um número ideal, a fim de melhor demonstrar as diversas formas de aplicação do material para se chegar a produtos finais com características de alta costura. Cada peça foi desenvolvida pensando nas cores e volumes, a fim de ressaltar da melhor forma possível os detalhes das aplicações e formar um conjunto de peças fortes e com estética diferenciada.

6.7.1 Vestido tomara que caia curto

No primeiro vestido, foi utilizado tecido plano, comercialmente conhecido como crepe, na cor preta, a fim de dar maior destaque à renda. A cor escura sempre traz mais visibilidade a qualquer detalhe acoplado (Figuras 60 a 62).

A silhueta do vestido foi a de tomara-que-caia, que surgiu com inspiração nos corseletes do século XV, mas que foi utilizada em 1946 no filme Greta e, posteriormente, também pelo estilista Balenciaga (PORTAISDAMODA, 2014). Como a modelagem é mais justa ao corpo, consegue-se dar maior ênfase ao volume da renda. Neste caso, buscou-se realçar a beleza e o aspecto diferenciado que a renda ganhou após o processo de aplicação da borracha. Com a aplicação da borracha de silicone, o bico de renda e alguns recortes da renda foram moldados na tentativa de dar efeito e textura diferenciados à peça.

Figura 59. Vestido com renda aplicada com borracha de silicone.

Figura 60- Lateral do vestido com renda na cintura.

Figura 61- Foco do detalhe de renda aplicado.

6.7.2 Vestido com comprimento longo

O segundo vestido foi desenvolvido com a intenção de criar o traje completo, com modelagem justa e buscando dar ênfase a diferentes locais em que a renda poderia ser aplicada. Foi escolhida a parte superior do vestido para dar destaque à região dos ombros, fazendo com que a peça ficasse mais longilínea e, de certa forma, mais pomposa. Na modelagem, fez-se uso de pequenos recortes na parte do busto, onde surge um toque de brilho sutil obtido com o uso de seda lavada nestes recortes, assim ressaltando o volume e a textura da renda, estrategicamente cortada em duas partes de forma similar, respeitando o desenho de cada parte (figuras 63 e 64).

O intuito de usar a renda no ombro também se deu pelo efeito adquirido com o material, pois a nova estrutura e aparência iriam trazer um efeito ilusório de como se a renda estivesse flutuando, como se pode notar na Figura 64.

Figura 62- Vestido longo preto com fenda na lateral, com a renda aplicada na alça.

Figura 63- Detalhe da renda com borracha, aplicada à alça do vestido.

6.7.3 Primeira saia

Na primeira saia desenvolvida, foi utilizada modelagem em evasê. A saia evasê, de invenção associada ao estilista francês André Courrèges, é o tipo de peça no guarda-roupa feminino que, de tempos em tempos, ressurge como “grande hit da temporada”. É uma saia que é mais justa na cintura e abre no comprimento (GNT, 2014). A escolha desta silhueta foi feita com o intuito de realçar a renda aplicada à barra do forro da peça, trazendo a sensação de sobreposição e produzindo um efeito interessante, até mesmo ilusório, como se fosse uma peça saindo de dentro da outra. A cor escolhida foi o preto, não somente no intuito destacar a renda, como mencionado nas duas peças anteriores, mas também para se caracterizar um conjunto de peças e uma mesma linguagem. O tecido utilizado foi o Tricrepe, um crepe um pouco mais leve que os anteriores e com uma leve textura (Figuras 65 e 66).

Figura 64- Saia de tecido plano com renda aplicada ao forro.

Figura 65- Vista lateral da saia evasê.

6.7.4 Segunda saia

A segunda saia criada para este trabalho (figuras 67 a 68) também utilizou-se da modelagem em evasê, a mesma da primeira saia. O diferencial desta peça em relação à primeira são as camadas. Trata-se de uma saia com duas camadas, uma sobrepondo-se à outra. O uso de camadas na modelagem em vestidos e saias se iniciou na era vitoriana, com utilização de várias saias da mesma peça, umas sobre as outras, com a intenção de dar mais volume a peça final.

Nesta saia, foi utilizado o tecido de sarja acetinada. A razão é que a sarja dá maior estrutura para a renda ao ser aplicada e o brilho acetinado traz a conotação de um material mais nobre.

A renda guipir foi recortada e montada após a saia estar pronta, então o desenho já foi pensado em cima da peça finalizada, estudando a melhor forma para que este desenho tivesse destaque e desse à renda uma nova estrutura e textura.

Na aplicação da renda à saia foi utilizada a técnica de moulage, técnica muito utilizada na alta costura e em roupas sob medida (PERITO, 2014). Sua diferença para a modelagem tradicional é que se trata de uma modelagem tridimensional, ou seja, sua criação não utiliza o traçado da peça no papel, mas sim a criação de um novo modelo é feita diretamente com o tecido sobre o busto ou corpo.

Figura 66- Saia em camadas com guipir aplicado.

Figura 67- Vista lateral da saia com guipir aplicado.

6.7.5 Acessório de cabeça

O acessório desenvolvido para este trabalho foi concebido para ser usado na cabeça e, também, de outras formas, em outras partes do corpo, ou mesmo como aplique em outros acessórios como bolsas, detalhes de vestido, a depender do usuário. Neste caso foi escolhido para uso como acessório no cabelo, pois tomou como referência a moda dos

casquetes e adereços de cabeça, muito comuns para noivas e utilizados por mulheres em festas mais tradicionais.

O uso de adereços na cabeça é datado de meados do século XVIII, na Europa, quando jovens senhoritas utilizavam estes acessórios como forma de alcançar destaque e, também, para cobrir os cabelos. Em alguns eventos públicos, a etiqueta da época demandava o seu uso obrigatório (CASTRO, 2014).

O adereço criado a seguir (figuras 69 e 70), foi aplicado a uma base de algodão própria para este tipo de peça, dando estrutura e apoio para a renda. Nele foram aplicados os elásticos de cetim, oferecendo maior praticidade ao usuário.

Figura 68- Vista lateral acessório.

Figura 69- Vista frontal do acessório.

6.7.6 Sapato

Como peça final deste trabalho, também foi escolhido um acessório: um sapato (Figuras 71 e 72). O intuito foi o de demonstrar as diversas aplicações que este novo material poderia ter em diferentes nichos de produtos.

O sapato e a sandália são objetos de grande evolução na história. Cada vez mais, sua estrutura vem sendo estudada e aprimorada, sobretudo por se ter como uma de suas funções a de suportar e equilibrar uma pessoa. O sapato vem destacando muitos criadores ao público, alguns dos quais utilizam diferentes formatos e materiais, para além do que pode ser considerado mais comum no mercado.

A renda foi aplicada ao sapato, trazendo nova identidade e versatilidade à peça, vista como um novo elemento acoplado ao acessório.

Figura 70- Vista frontal do acessório.

Figura 71- Vista diagonal do sapato

7 CONCLUSÕES

Foram primeiramente realizados ensaios em malha e tecido plano 100% algodão e realizada toda caracterização quanto quantidade de catalisador, tempo e processo de secagem, análise térmica, FTIR, citotoxicidade, MEV e desempenho a lavagem. Também foram realizados ensaios com renda de poliéster, de algodão e de poliamida com borracha de silicone e pigmentos preto, azul e amarelo. Com isso, pode-se concluir que:

- A Borracha de Silicone ao ser aplicada na malha e tecido e ambos submetidos a diferentes temperaturas, resultam em formas, texturas e uma nova leitura, assim atando novas características ao material têxtil.
- Os resultados quanto à massa da amostra revestida, indicam que a borracha deve utilizada para detalhes de estrutura, ou camadas finas, e não em contato com a pele e também em regiões em que não obstruam a transpiração, se a estrutura do material foi muito fechada;
- Os ensaios de citotoxicidade são mais indicados para materiais têxteis implantáveis;
- Com a análise de EDS pode ser verificado que a diferença da amostra com os controles foi à presença de silício;
- Os ensaios de desempenho a lavagem para a malha mostraram que a borracha de silicone quanto aplicada à superfície tem um bom desempenho, no tecido ocorreu diferença de coloração perceptível por análise instrumental. Mas, no caso das peças como é utilizada para alta-costura com alto valor agregado deve-se realizar a lavagem a mão, e
- Os resultados apresentados no desenvolvimento das peças foram promissores tanto para aplicação em vestuário quanto para acessório e os ensaios foram importantes para se conhecer as propriedades dos materiais utilizados.

8 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Estudar outros polímeros e principalmente os naturais para aplicação nos tecidos;
- Analisar a aplicação desses polímeros em Foulard, com controle de *pick*;
- Fazer uma cartela de cores utilizando polímero de silicone;
- Testar pigmentos fotocromáticos e termocromáticos, e
- Analisar a degradação desses materiais quando exposto a luz ultravioleta UV.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A. DUPONT Dow Corning Europe SA, Seneffe (Belgium). Characterization of silicones. Disponível em: <http://www.dowcorning.com/content/publishedlit/chapter2.pdf>. Acesso em: 25 novembro 2014.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS –ASTM E 313 – Standard practice for calculating yellowness and whiteness indices from instrumentally measured color coordinates, 2010.

ASHBY, M., JOHNSON, K. Materials and Design: the art and science of material selection in product design. 1. ed. USA: Elsevier, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA QUÍMICA- ABIQIM. Disponível em: <http://www.abiquim.org.br/comissao/setorial/silicones/especificidade/historico-aplicacao>. Acesso em: 25 novembro 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA TÊXTIL E DE CONFECÇÃO - ABIT. Disponível em: <http://www.abit.org.br>. Acesso em: 15 maio 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE ALGODÃO - ABRAPA. O Algodão no Mundo. Disponível em: <<http://www.abrapa.com.br/estatisticas/Paginas/Algodao-no-Mundo.aspx>>. Acesso em: 08 maio 2014.

ARAÚJO DE M., FANGUEIRO, R., HONG, H. Têxteis Técnicos: Materiais do Novo Milênio, Ed. Williams, Lda, Ministério da Economia, v.1, p.111, 2001.

AVELAR, S. Moda: Globalização e Novas Tecnologias. São Paulo: Estação das Letras e Cores, 2009.

AZEVEDO, M. Silicone- Versátil, polímero que esbarra em preço para crescer no País. Disponível em: <http://www.plastico.com.br/plastico/plastico/silicone-versatil-polimero-ainda-esbarra-em-preco-para-crescer-no-pais/>. Acesso em: 01 dezembro 2014.

BAIN ; COMPANY Relatório 4- Derivado do Silício. Potencial de diversificação da indústria química Brasileira. Disponível em: http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/produtos/download/chamada_publica_FEPprospec0311_Quimicos_Relat4_silicio.pdf. Acesso em: 01 Dezembro 2014.

BERTOLINI, C. Introdução. In: TORNQUIST; FERNANDES; RÉGULA; MINOLTA; Sistema para medição de cores utilizando espectrofotômetro, trabalho de graduação em ciência da computação. Blumenau, p. 16, 2010.

BLACK, S. Fashion Fabrics: Contemporary Textiles in Fashion. London: Black Dog Publishing, 2006. Disponível em: <http://www.fashioningtech.com/profiles/blogs/crafting-inlaid-skin-an-interview-with-andreea-mandrescu>. Acesso: 30 novembro2011.

BORRACHA DE SILICONE. Disponível em: www.rubbepedia.com/borracha-silicone. Acesso em: 20 novembro 2014.

BRIQUET, F., COLAS, A., THOMAS, X. Silicones for medical use. Disponível em <http://www.dowcorning.com/content/publishedlit/MMV0396-01.pdf>. Acesso em: 20 outubro 2014.

CANEVAROLO, S. Ciência dos Polímeros: Um texto básico para tecnólogos e engenheiros. São Paulo: Artliber Editora Ltda, 2002.

CANEVAROLO, S. Técnicas de Caracterização de Polímeros. São Paulo: Editora Artliber, 2005.

CASTRO, G. C. Os sapatos ao longo da existência humana e sua contemporaneidade. Disponível em: <http://www.antennaweb.com.br/antenna/edicao2/artigos/pdf/artigo4.pdf>. Acesso em: 03 novembro, 2014.

CHEN, C. Y., GHULE, A. V., CHEN, W. Y., WANG, C. C., CHIANG, Y. S., LING, Y. C. Applied Surface Science. 231, 447, 2004.

CLARKE, S. O'MAHONY, M. Techno Textile 2: Techno Textiles 2: Revolutionary Fabrics for Fashion and Design. Thames; Hudson Ltd., 2007.

COSER, E. Caracterização de silicone utilizada em isoladores para rede elétrica. Dissertação de Mestrado. Escola. Departamento de Materiais da Escola de Engenharia de Minas Metalúrgica e de materiais da Universidade do Rio Grande do Sul, p. 94, 2009.

COSTA, S. P. Uso correto de amaciantes e fixadores na estamparia têxtil com pigmentos. Disponível em: <http://www.sintequimica.com.br/pdf/texto5.pdf>. Acesso em: 08 novembro 2014.

COSTA, S. M., AGUIAR, A., LUZ, S. M., PESSOA, A., COSTA, S. A. Sugarcane Straw Sugarcane straw and Its cellulosic cellulose fraction as raw materials for obtainment of textile fibers textile fibers and Other bioproducts. In: Jean-Michel Merillon, Kishan G. Ramawat. (Org.). Polysaccharides. 1 ed. Suíça: Springer International Publishing, p. 1-17, 2014.

CRISCUOLLO, P. S. R. Medição das cores. In: POPSON. Beneficiamento do caulim duro das bacias dos rios Capim e Jari através do processo de agregação seletiva, dissertação de mestrado em engenharia metalúrgica e de minas. Belo Horizonte, p. 29 – 37, 2008.

DAZEDDIGITAL. Disponível em: <http://www.dazeddigital.com/fashion/article/15493/1/qa-iris-van-herpen>. Acesso em: 02 novembro 2014.

DEDAVID, B., GOMES, C., MACHADO, G. Microscopia Eletrônica de Varredura: Aplicações e preparações de amostras. Porto Alegre: EDPUCRS, 2007.

DEGEO Departamento de Geologia. Disponível em: www.degeo.ufop.br. Acesso em: 2013.

DICKERSON, K. G. Textiles and Apparel in the global economy. 3 ed. New Jersey: Prentice-Hall, Inc. 2003.

ESTEVES; A.A., BORGES, S.V., ABRANTES, S., SILVEIRA, M.G., SOUZA, C.M.O.C.C . Validação em laboratório de método analítico para determinação do teor de adipato e ftalato de di-(2-etil-hexila) utilizados como plastificantes em filmes flexíveis de PVC. Química Nova, v. 30 ,1, 2007.

FEARON, F.W.G. High performance polymers (Editores *R. Seymour* e *G. Kirszenbaum*). Elsevier 1986.

FEGHALI, Masta Kasznar; DWYER, Daniela. As engrenagens da Moda. Rio de Janeiro: Ed. Senas Rio, 2004.

FERRIGNO, T.H. Principles of filler selection and use. In: Handbook of filler for plastic edited by H.S. Kartz and Milewski; Van Nostrand Reinhold, New York, p 8-61, 1987.

FICHA TÉCNICA- Fornecida pelo fabricante da Borracha de silicone B1.

FIGUEIREDO C. Tron: uma representação pioneira do ciberespaço. Revista do Programa de pós graduação em Comunicação da Universidade da Paraíba, Ano IV, n. 06, 2011.

FREEDONIA. Worl silicones, 2013.

FUTURE FASHION. Future of Fashion – Strategic Considerations for Growth Conference. Londres, 2012.

GALE, C., KAUR, J. The Textile Book. New York: Berg, 2002.

HEGEMANN, D.; HOSSAIN, M. M.; BALAZS, D. J. Nanostructured Plasma Coatings to obtain Multifunctional Textile Surfaces. Progress in Organic Coatings, 58, 237 – 240, 2007.

HEYWOOD, D. Textile finishing - society of dyers and colorists – London, England. Woodhead, 2003.

HOLMANN, W. Rubber tecnology handbook, Hanser, New York, 1989.

GARBIM, V. J. High performances elastomers specialist. Disponível em: http://www.elastotec.com.br/publicacoes_tecnicas/ELASTOTEC_Silicone.pdf. Acesso em: 11 novembro 2014.

GNT. Famosas adotam a saia evasê como hit da temporada. Veja como usar Disponível em: <http://gnt.globo.com/moda/fotos/famosas-adotam-saia-evase-como-hit-da-temporada-veja-como-usar.htm#4227=1>. Acesso em: 03 dezembro 2014.

IEMI - Instituto de Estudos e Marketing Industrial. Dimensões do mercado mundial. Relatório Setorial da Indústria Têxtil Brasileira, p.182, 2014.

ISENMANN, A. Processos industriais módulo polímeros silicones: síntese, propriedades e usos. Disponível em: <http://www.timoteo.cefetmg.br/site/sobre/cursos/quimica/repositorio/artigos/arq/Silicones.pdf> Acesso em: 27 novembro 2014.

INTERNATIONAL STANDARD ORGANIZATION ISO 105 B02 - Textiles - Tests for colour fastness - Part B02: Colour fastness to artificial light: Xenon arc fading lamp test, 1994.

INTERNATIONAL STANDARD ORGANIZATION – ISO 13938.1 – Textiles – Bursting properties of fabrics – Part 1: Hydraulic method for determination of bursting strength and bursting distension, 1999.

INTERNATIONAL STANDARD ORGANIZATION – ISO 105 A-05 – Textiles – Tests for colour fastness – Part A05: Instrumental assessment of change in color for determination of grey scale rating, 1996.

INTERNATIONAL STANDARD ORGANIZATION – ISO 105 J-01 – Textiles – Tests for colour fastness – Part J01: General principles for measurement of surface colour, 1997.

INTERNATIONAL STANDARD ORGANIZATION – ISO 105 J-02 – Textiles – Tests for colour fastness – Part J02: instrumental assessment of relative whiteness, 1997.

JOSHI, M., BUTOLA, B. S. application technologies for coating, lamination and finishing of technical textiles. *Technical Textiles*, 355–411, 2013.

KAMEI, Z., MORTAZAVI, S.M. A new method of application of hydrated salts on textiles to achieve thermoregulating properties. *Thermochimica Acta*, 589, 56-62, 2014.

KODAMA, Y. Reticulação do polidimetilsiloxano comercial (Silopren HV/3/522) induzida com radiação ionizante. (Dissertação de Mestrado). Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, 118, 1997.

KOSTIĆ, M., RADIĆ, N., OBRADOVIĆ, B. M., DIMITRIJEVIĆ, S., KURAICA, M. M., ŠKUNDRIĆ, P. Antimicrobial textile prepared by silver deposition on dielectric barrier discharge treated cotton/polyester fabric. *Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly*, 14, 219 – 221, 2008.

KUENG W, SILBER E., EPPENBERGER U. Quantification of cells cultured on 96-well plates. *Analytical Biochemistry*, 182, 1, 16-19, 1989.

LARSON, R. *The Structure and Rheology of Complex Fluids*. New York: Oxford University Press, Inc., 1999.

LCA CONSULTORES. Projeções macroeconômicos de longo prazo – cenário base (65%), 2013. Disponível em: <http://www.lcaconsultores.com.br>. Acesso em: 01 dezembro, 2014.

LEE, S. *Fashioning the Future: Tomorrow's Wardrobe*. London: Thames & Hudson Ltd., 2005.

LINEAR POLYDIMETHYLSILOXANES. ECETOC Joint assessment of commodity chemical 26, 1994.

MARIBĂNESCU, M., MUŞAT, V., TEXTOR, T., BADILITA, V., MAHLTIG, B. Photocatalytic and antimicrobial Ag/ZnO nanocomposites for functionalization of textile fabrics. *Journal of Alloys and Compounds*, 610, 15, 244-249, 2014.

MARTIN, R., KODA, H. *Haute Couture*. The Metropolitan Museum of New York, 1996.

MOSSMAN T. Rapid colorimetric assay for cellular growth and survival: application to proliferation and cytotoxicity assays. *Journal of Immunological Methods*, 65:55-63, 1983.

MORTON, M. *Rubber Technology*. Van Nostrand Reinhold, New York, 1989.

MUHAMMAD, A., MUHAMMAD, S. Again polymric insulator (na overview), *Reviews on Advanced Materials Science*, V.12, p.93-116, 2006.

NGUYEN, T.Q. FTIR analysis a molded silicon rubber (VICOLAB). Disponível em:

<http://img.trademed.com/members/286/508/certificates/1.pdf>. Acesso em: 01 dezembro 2014.

PRADO, M.V. Dimensões do mercado mundial. Relatório Setorial da Indústria Têxtil Brasileira, p.24, 2014.

PERITO, R. O que é moulage?. Disponível em: <http://www.renataperito.com/?p=781>. Acesso em: 20 novembro, 2014

PEZZOLO, D. Tecidos: Historia Tramas e Usos. São Paulo: Ed. Senac, 2007.

PORTAISDAMODA. Tomara-que-caia. Como Usar. Disponível em: <http://www.portaisdamoda.com.br/noticiaInt~id~17180~n~aposte+tomaraquecaia.htm>. Acesso em: 03 dezembro 2014.

QUINN, B. Textile Futures. New York: Berg, 2010.

RABELO, R., GUISE, C., ROSADO, K. FANGUEIRO, R. aplicações de materiais fibrosos na área médica. International Conference on Engineering UBI2011 - 28-30 Nov 2011 – University of Beira Interior – Covilhã, Portugal.

RELATÓRIO SETORIAL DA INDÚSTRIA TÊXTIL. Dimensões do mercado mundial, p.24, 2014.

ROCHE, D. A cultura das aparências: uma história da indumentária (séculos XVII e XVIII). São Paulo: Senac, 2008.

RUIZ, C. S .B. Avaliação da formação e degradação de filmes de vernizes curados por radiação ultravioleta e feixe de elétrons e expostos ao envelhecimento acelerado, dissertação de doutorado em química fundamental. São Paulo, p. 94-95, 2003.

SÁNCHEZ, J.C. Têxteis inteligentes. Química Têxtil, 82, 58-77, 2006.

SEHSC (2001; autor desconhecido): Guidance for Aerosol Applications of Silicone-Based Materials. Disponível em <http://sehsc.americanchemistry.com/Research-Science-Health-and-Safety/Guidance-for-Aerosol-Applications-of-Silicone-Based-Materials.pdf> Acesso em: outubro 2014.

SILICOTEX. Disponível em: <http://www.silicotex.net>. Acesso em: 12 agosto 2014).

SILVERSTEIN, M. R., BASSLER, G. C., MORILL, T. C. Identificação espectrometria de compostos orgânicos. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, p 65-101, 1979.

SMI (Sistema Moda Itália). Disponível em: www.sistemamodaitalia.com. Acesso em: 05 abril 2013.

TAO, X. Smart fibres, fabrics and clothing. Woodhead Publishing Limited, Abinton, 2000.

TOMASINO, C. Chemistry & technology of fabric preparation & finishing. Department of Textile Engineering, Chemistry & Science College of Textiles North Carolina State University Raleigh, North Carolina, p.245, 1992.

TROY, Nancy J. Couture culture: a study in modern art and fashion. Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology, 2003.

UDALE, J. Tecidos e Moda. Tradução Edson Furmankiewicz, Porto Alegre: Bookman, 2008.

ZHU, Y., OTSUBO, M. C., HONDA, TANAKA, S. Loss and recovery in hydrophobic of silicone rubber exposed to corona discharge. Polymer Degradation and Stability, v.91, p. 1448-1454, 2006.

WINDLER, L., HEIGHT, M., NOWACK, B. Comparative evaluation of antimicrobials for textile applications. Environment International, 53, 62-73, 2013.