



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR  
Engenharia

# Aplicação do Design Funcional e da Moda Sustentável na Dermatite Atópica Infantil

**Raquel Vale Rodrigues**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
**Design de Moda**  
(2º ciclo de estudos)

Orientador: Professor Doutor Nuno José Ramos Belino  
Coorientadora: Professora Doutora Amélia Rute Santos

Covilhã, outubro de 2018



**Para a Matilde, para que acredites sempre nas tuas “jiboias abertas e jiboias fechadas”, como eu acreditei nas minhas.**



# Agradecimentos

Este projeto só foi possível com o apoio de muitas pessoas e entidades.

Quero agradecer à minha irmã, que sempre esteve do meu lado e que sempre me aconselhou a seguir os meus sonhos com um grande sorriso na cara.

Ao meu cunhado, por estes últimos anos de trabalho em equipa, a aprender e a crescer com os erros um do outro, mas sempre a apoiar-nos mutuamente.

Aos meus pais, que sempre apoiaram os meus sonhos e me deixaram lutar livremente pelo que queria ser.

Aos meus avós, ao exemplo de pessoas que são, por todo o apoio, carinho, amizade e atenção que sempre me deram.

Gostaria de agradecer ao meu orientador, Professor Doutor Nuno José Ramos Belino, por nunca ter deixado de acreditar que eu ia conseguir, por toda a disponibilidade e atenção dadas; e a todos os outros colaboradores diretos deste trabalho de pesquisa, à coorientadora Professora Doutora Amélia Rute Santos, por toda a paciência e compreensão durante a fase experimental desta dissertação; ao Professor Doutor Jesus Miguel Lopez Rodilla e à Professora Doutora Maria Eugénia Gallardo Alba, pelo auxílio prestado. Agradeço ainda aos engenheiros e técnicos de laboratórios José António Matias Machado, Eduardo Jorge Ramos de Jesus, Ana Paula de Ascensão Rosa Gomes e Jorge Miguel Santos Bento por todo o apoio e disponibilidade.

Estou extremamente grata à Universidade da Beira Interior por todos os recursos disponibilizados, tal como às entidades externas que facultaram material essencial para a elaboração da componente prática - Blossom Essence, Tearfil e respetivos colaboradores.

Ao Bruno Canavilhas que se manteve do meu lado, independentemente da distância, por toda a paciência e compreensão nas horas mais difíceis, por me dares a mão nesta montanha russa, um grande obrigado, sempre!

À família Canavilhas Fernandes, que me aceitaram e me fazem sentir parte da família desde o primeiro dia e por todo o carinho e apoio.

À minha colega Camila Coelho pelo companheirismo, camaradagem e acima de tudo por todo o apoio prestado, sem ela não teria sido possível e por isso ficarei eternamente grata. À minha parceira do dia a dia, Cristiana Costa, por me integrar num projeto tão rico e importante como a Náz e por toda a ajuda indispensável.

Às minhas meninas, Isis Neves, Raquel Luzes e Laura Esteves, serão sempre insubstituíveis.

À Tuna Feminina da Universidade da Beira Interior - As Moçoilas, porque o que faz falta é animar a malta e nós estamos sempre lá para isso.

Para terminar, a todos os envolvidos, direta ou indiretamente, neste projeto, sinto-me uma sortuda por estar rodeada de pessoas como vocês, um grande bem-haja!



# Resumo

Vários estudos indicam que a dermatite atópica é uma doença inflamatória crônica da pele, recorrente e mais comum durante a infância. Afeta entre 10 a 20% da população pediátrica em Portugal e têm vindo a aumentar o número de casos nas últimas três décadas.

Uma doença multifatorial, que advém principalmente de questões genéticas, mas também ambientais. Crianças que vivem em áreas urbanas, onde a poluição é uma constante nas suas vidas, são mais propensas a desenvolver problemas inflamatórios, sendo um deles a dermatite atópica.

Esta questão leva-nos a outro problema muito comum na nossa sociedade, a despreocupação com o meio ambiente e a falta de consciência dos limites dos seus recursos, que vem a afetar, cada vez mais, as gerações vindouras. É imperativo consciencializar que todo e qualquer ato tem um grande impacto a nível ambiental, até mesmo a compra de uma peça de vestuário.

Assim, com vista a melhorar a vida das crianças que sofrem de dermatite atópica, surgiu a ideia de criar uma peça de roupa sustentável com funcionalidade acrescida.

Nesse sentido, procedeu-se ao desenvolvimento de algumas peças de vestuário infantil, exclusivamente produzida em algodão orgânico, imbuído com óleos essenciais naturais microencapsulados em  $\beta$ -ciclodextrinas, com propriedades antibióticas, antissépticas e tranquilizantes, para que, durante o uso, a criança se sinta mais confortável e desta forma melhorar as condições da sua doença.

## Palavras-chave

Design de Moda; Sustentabilidade; Design Sustentável; Vestuário Infantil; Algodão Orgânico; Sílica;  $\beta$ -ciclodextrina; Microcápsulas; Óleos Essenciais Naturais; Dermatite Atópica Infantil; Design Funcional.



# Abstract

Several studies indicate that atopic dermatitis is a chronic inflammatory disease of the skin, recurrent and most common during childhood. It affects between 10 and 20% of the pediatric population in Portugal and the number of cases in the last three decades has increased.

A multifactorial disease, which comes mainly from genetic as well as environmental issues. Children living in urban areas, where pollution is a constant in their lives, are more likely to develop inflammatory problems, one of them being atopic dermatitis.

This issue leads us to another problem very common in our society, the lack of concern for the environment and the lack of awareness of the limits of its resources, which is affecting, more and more, the generations to come. It is imperative to realize that every act has a great environmental impact, even the purchase of a garment.

Thus, to improve the lives of children suffering from atopic dermatitis, the idea was to create a sustainable piece of clothing with added functionality.

Therefore, a few pieces of children's clothing, exclusively produced in organic cotton, imbued with natural essential oils microencapsulated in B-cyclodextrins, with antibiotic, antiseptic and tranquillizing properties, were developed, so that, during use, the child feels more comfortable and to improve the conditions of their illness.

## Keywords

Fashion Design; Sustainability; Sustainable Design; Children's Clothing; Organic Cotton; Silica;  $\beta$ -cyclodextrins; Microcapsules; Natural Essential Oils; Childhood Atopic Dermatitis; Functional Design.



# Índice

## Capítulo 1

Introdução.....	1
1.1 Enquadramento da dissertação.....	1
1.2 Objetivos gerais.....	2
1.3 Objetivos Específicos.....	2
1.4 Motivação.....	3
1.5 Metodologia.....	3
1.6 Estrutura da dissertação.....	4

## Capítulo 2

Revisão sobre o Estado de Arte: Design Sustentável.....	5
2.1 Perspetiva histórica.....	5
2.2 Design sustentável na cadeia de abastecimento.....	7
2.2.1 Produção de fibras.....	9
2.2.2 Fiação.....	10
2.2.3 Manufatura de têxteis.....	11
2.2.4 Processos de acabamento.....	11
2.2.5 Confeção do vestuário.....	11
2.2.6 Distribuição e retalho.....	12
2.2.7 Uso e fim de vida.....	12
2.3 Ferramenta para medir impactos no processo têxtil.....	13
2.3.1 Algodão convencional, algodão orgânico e respetivos impactos.....	14
2.4 Futuro da sustentabilidade.....	16

## Capítulo 3

Fundamentação teórica.....	19
3.1. Vestuário infantil.....	19
3.1.1 Estudo de mercado.....	20
3.2 Patologia: Dermatite Atópica Pediátrica.....	20
3.3 Micro/Nano-encapsulação: generalidades e terminologia.....	22
3.3.1 Perspetiva histórica da encapsulação com aplicação têxtil.....	24
3.3.2 Técnicas de microencapsulação.....	25
3.3.3 Métodos de aplicação têxtil.....	26
3.4 Óleos essenciais naturais.....	27
3.4.1 Propriedades antissépticas.....	29

## Capítulo 4

Desenvolvimento projetual .....	31
4.1 Materiais e métodos.....	33
4.1.1 Caracterização dos substratos têxteis .....	34
4.1.2 Sílica .....	35
4.1.3 $\beta$ -Ciclodextrina.....	35
4.1.4 Óleo essencial .....	36
4.2 Processos de microencapsulação .....	36
4.2.1 Microencapsulação de óleos essenciais por adsorção em sílica porosa .....	36
4.2.2 Microencapsulação de óleos essenciais em $\beta$ -ciclodextrinas.....	39
4.2.3 Validação dos processos de microencapsulação.....	40
4.3 Processos de aplicação das microcápsulas no substrato têxtil .....	45
4.3.1 Aplicação de microcápsulas de sílica com óleos essenciais no substrato têxtil ....	45
4.3.2 Aplicação de microcápsulas de $\beta$ -ciclodextrinas com óleos essenciais no substrato têxtil .....	46
4.4. Caracterização conceptual e desenvolvimento de peças de vestuário infantil.....	47
4.4.1 Inspiração e conceito .....	47
4.4.2 Design sustentável .....	48
4.4.3 Público-alvo.....	49
4.4.4 Cores .....	49
4.4.5 Necessidades .....	51
4.4.6 <i>Flats</i> .....	51
4.5 Peça final .....	51
4.5.1 Especificações técnicas.....	52
4.5.2 Aplicação das microcápsulas nas peças .....	52

## Capítulo 5

Análise e Interpretação de Resultados.....	53
5.1 Caracterização subjetiva das malhas tratadas com cápsulas.....	53
5.1.1 Microscopia eletrónica de varrimento (MEV) da malha com recobrimento de cápsulas de sílica com óleos essenciais .....	53
5.1.2 Microscopia eletrónica de varrimento (MEV) da malha em banho de esgotamento com complexos de inclusão de $\beta$ -ciclodextrinas e óleos essenciais.....	55
5.2. Caracterização objetiva das malhas tratadas com microcápsulas .....	57
5.2.1 Ensaio de solidez à lavagem das malhas tratadas com microcápsulas de sílica ....	57
5.2.2 Ensaio de solidez à lavagem das malhas tratadas com $\beta$ -ciclodextrinas.....	60
5.3 Fotografias do protótipo desenvolvido.....	61

## Capítulo 6

Conclusões .....	63
------------------	----

Capítulo 7	
Perspetivas futuras .....	65
Referências bibliográficas e Webgrafia .....	67
Anexos .....	69



# Lista de Figuras

fig. 1 Patagonia - 2011, Campanha de consciencialização para o consumismo têxtil, no jornal The New York Times. ....	6
fig. 2 Principais etapas da cadeia de abastecimento, adaptado de (Muthu, 2014) .....	9
fig. 3 Esquema do ciclo de vida de uma t-shirt, adaptado de (Mahapatra, 2015).....	14
fig. 4 Ciclo vicioso do prurido segundo a Eucerin. ....	21
fig. 5 Características básicas de uma microcápsula (adaptado e traduzido de AbdManaf et al., 2015) .....	23
fig. 6 Exemplo de aplicação de microcápsulas num tecido, por impregnação (traduzido de Podgornik e Staresinic, 2015) .....	25
fig. 7 Esquema da metodologia projetual definida por Bruno Munari (Munari, 1981) .....	31
fig. 8 Esquema da componente experimental .....	33
fig. 9 Visualização das microcápsulas de sílica usada neste trabalho de investigação (A autora) .....	35
fig. 10 Visualização das $\beta$ -ciclodextrinas usadas nas experiências (A autora) .....	36
fig. 11 Óleos essenciais com poderes antibióticos e antissépticos (A autora) .....	36
fig. 12 Fluxograma relativo à preparação das amostras de sílica (A autora).....	38
fig. 13 Fluxograma relativo à experiência com $\beta$ -ciclodextrinas (A autora) .....	39
fig. 14 Sistema TGA (A autora) .....	40
fig. 15 Gráfico de TGA relativo à sílica + OE, com 5 ml de etanol (à esquerda) e com 10 mL de etanol (à direita) (A autora) .....	41
fig. 16 Gráfico de TGA relativo aos complexos de inclusão compostos por $\beta$ -CD com OE (A autora) .....	42
fig. 17 Imagens das sílicas + OE (preparadas com 10 mL de solvente) obtidas por MEV, com diferentes ampliações. A: 1000x; B: 5000x; C: 10000x; D:30000x. (A autora) .....	43
fig. 18 Imagens das $\beta$ -CD + OE obtidas por MEV, com diferentes ampliações. A: 1000x; B: 5000x; C: 10000x; D:15000x. (A autora) .....	44
fig. 19 Painel Ambiente (pela autora).....	47
fig. 20 Painel de cores (pela autora) .....	50
fig. 21 Babygrow, camisola e calças (A autora) .....	51
fig. 22 Fotografias dos protótipos desenvolvidos: babygrow, camisola e calças (A autora) ....	52
fig. 23 Imagens da malha 100% algodão orgânico, com diferentes ampliações - A: 50x; B: 500x; C: 2000x (A autora) .....	53
fig. 24 Fotografias dos protótipos desenvolvidos: babygrow, camisola e calças (A autora) ....	62



# Lista de Tabelas

Tabela 1 Processos de microencapsulação a serem desenvolvidos neste trabalho. ....	26
Tabela 2 Metodologia projetual da presente dissertação. ....	32
Tabela 3 Características do tear onde foi feita a malha jersey (A autora).....	34
Tabela 4 Características da malha jersey produzida para testes (A autora) .....	34
Tabela 5 Características da sílica (A autora) .....	35
Tabela 6 Características das $\beta$ -ciclodextrinas (A autora).....	35
Tabela 7 Quantidades usadas em cada amostra e respectivo resultado final (A autora).....	37
Tabela 8 Experiências preliminares com $\beta$ -ciclodextrinas (A autora) .....	40
Tabela 9 Conclusão e comparação das imagens obtidas por TGA e MEV (A autora) .....	44
Tabela 10 Descrição do processo de recobrimento (A autora).....	45
Tabela 11 Descrição do processo de esgotamento (A autora) .....	46
Tabela 12 Imagens obtidas por MEV - malha com cápsulas de sílica e óleos essenciais, com diferentes passagens de recobrimento e diferentes ciclos de lavagem (A autora).....	54
Tabela 13 Imagens obtidas por MEV - malha tratada com complexos de inclusão de $\beta$ -ciclodextrinas com óleos essenciais, segundo diferentes ciclos lavagem (A autora) .....	56
Tabela 14 Síntese informativa sobre os valores do areado (A autora) .....	59
Tabela 15 Resultados da concentração de linalool presente nas amostras de sílica + OE (A autora) .....	60
Tabela 16 Resultados da concentração de linalool presente nas amostras de $\beta$ -CD + OE (A autora) .....	61



# Lista de Gráficos

Gráfico 1 Estudo revelado pela Textile Exchange, sobre o consumo de três tipos de algodão: o convencional, o de preferência (Better Cotton Initiative, Cotton Made in Africa e Fair Trade Foundation) e o orgânico, por dez grandes empresas, em 2014 e 2015. Adaptado de (Pepper, 2016).....	26
Gráfico 2 Síntese informativa sobre os valores do areado (A autora) .....	59



## Lista de Acrónimos

β-CD	β-Ciclodextrinas
CI	Complexos de Inclusão
DA	Dermatite atópica
DFE	Design For The Environment
DSC	Calorimetria diferencial de varrimento
DTG	Termografia Diferenciada
DECA	Departamento de Engenharia Civil e Arquitetura
h	horas
HPLC/UPLC	Cromatografia Líquida de Ultra e Alto Desempenho
IE	Industrial Ecology
LCA	Avaliação do Ciclo de Vida
LCM	Gestão do Ciclo de Vida
LCT	Life Cycle Thinking
MEV	Microscopia Eletrónica de Varrimento
MFA	Material Flow Analysis
Nm	Número Métrico - Unidade De Medida Têxtil Indireta
OE	Óleos Essenciais
PCM	Phase Change Materials
rpm	Rotações por minuto
s	segundos
Tex	Sistema Direto de Numeração Têxtil
TGA	Thermogravimetric Analysis
UBI	Universidade Da Beira Interior
USEPA	United States Environmental Protection Agency
WGSN	World Global Style Network



# Capítulo 1

## Introdução

### 1.1 Enquadramento da dissertação

Os avanços tecnológicos dos têxteis inteligentes e dos processos de têxtil vêm vindo a desenvolver-se significativamente. Novos materiais, novas tecnologias e novos conhecimentos, permitem aos designers novas e inteligentes soluções, em escalas menores e menos visíveis, mas com resultados mais rápidos e melhores que os anteriores.

Assim, surgem mais e melhores oportunidades para questões contemporâneas, como a preservação do meio ambiente e a resolução de algumas patologias inflamatórias, que se vieram a desenvolver, maioritariamente, com o aparecimento da poluição, como por exemplo a dermatite atópica.

A dermatite atópica ou eczema atópico é uma doença inflamatória crónica da pele, caracteriza-se por ser uma rutura da barreira cutânea e desregulação imunológica. Os pacientes apresentam sintomas e alterações na aparência da pele que podem ter impactos significativos na saúde física e psicológica dos mesmos. Os efeitos negativos que acompanham a qualidade de vida, relacionamentos e desempenho no trabalho ou na escola podem ser devastadores para alguns.

Com o intuito de ajudar estes pacientes, para que as condições em que vivem melhorem, nesta dissertação propõe-se o desenvolvimento de algumas peças de vestuário, que agreguem várias componentes, considerando as necessidades do utilizador. Peças que coadunem a estética, a ergonomia e os materiais utilizados, com uma funcionalidade acrescida, de forma a acalmar a irritação cutânea e, conseqüentemente, diminuir o prurido do paciente.

## 1.2 Objetivos gerais

Este trabalho de investigação tem como objetivo geral melhorar a qualidade de vida das pessoas que sofrem de dermatite atópica, através da criação e desenvolvimento de uma peça de roupa com um design funcional.

Dadas as características da doença em questão, sabemos que esta abrange várias faixas etárias, focámo-nos apenas na dermatite atópica infantil, em que as idades se compreendem entre os 3 meses e os 5 anos, este é o grupo mais afetado e que requer mais atenção e cuidados.

Tendo em conta as componentes específicas deste trabalho de investigação, pretende-se ainda aplicar os ideais teóricos da sustentabilidade, com o intuito de confeccionar peças com materiais biodegradáveis e que possam ser reciclados ou reutilizados.

Optámos pelo desenvolvimento de algumas peças de vestuário infantil, que abranjam as idades mais afetadas - bebés e crianças até aos 5 anos de idade.

A partir das pesquisas realizadas bibliograficamente e em *sites* da *internet* concluiu-se que já existe no mercado nacional um produto semelhante ao desenvolvido nesta dissertação. No entanto, o nosso produto diferencia-se, principalmente por ser 100% natural - desde a matéria prima até ao tingimento, e ainda pelo design, contrariando o mercado atual, que insiste em desenvolver artigos de vestuário benéficos para a saúde sem qualquer preocupação estética dos mesmos.

## 1.3 Objetivos Específicos

Segundo consta em diversos estudos sobre a dermatite atópica, a privação de sono é um fator comum entre os afetados, a causa disso é, principalmente, o desconforto e a comichão.

Neste trabalho de investigação, para além das preocupações da sustentabilidade, conforto, ergonomia, liberdade de movimentos, respirabilidade e estética, procurámos também adir os efeitos antibiótico e antissético para combater o desconforto provocado pelo prurido desta patologia.

Para atingir os nossos objetivos, procedemos à encapsulação de óleo essencial de alfazema, com propriedades antibióticas, antisséticas e calmantes, em dois tipos diferentes de microcápsulas: sílica ( $\text{SiO}_2$ ) e  $\beta$ -ciclodextrinas ( $\beta$ -CD), posteriormente aplicadas no substrato têxtil - malha jersey 100% algodão orgânico -, através de processos de recobrimento e esgotamento, respetivamente.

## 1.4 Motivação

A minha principal motivação no desenvolvimento desta investigação constou do meu gosto pessoal pela área de vestuário infantil e, ainda, pelo interesse em criar artigos têxteis funcionais com menor pegada ambiental possível. Simultaneamente, é também do meu interesse desenvolver uma peça de vestuário que possa contribuir para o melhoramento da qualidade de vida das crianças que sofrem de dermatite atópica.

## 1.5 Metodologia

A metodologia usada para a elaboração da presente dissertação resume-se nas seguintes fases.

1. Definição de objetivos
  - a. Desenvolvimento do tema a abordar;
  - b. Plano de trabalho;
  - c. Estrutura da dissertação.
2. Pesquisa bibliográfica
  - a. Levantamento do Estado de Arte;
  - b. Pesquisa de artigos, bases de dados, jornais e revistas científicas, internet, entre outros;
  - c. Aprofundar conhecimento em componentes específicas como: Ecodesign, sustentabilidade, vestuário infantil, dermatite atópica, encapsulação, óleos essenciais e outros.
3. Caracterização de matérias-primas usadas
  - a. Escolher o substrato têxtil - algodão orgânico;
  - b. Escolher o material das microcápsulas - sílica e  $\beta$ -ciclodextrinas;
  - c. Definir o óleo essencial mais adequado ao projeto.
4. Experimentações laboratoriais
  - a. Validação do método de microencapsulação;
  - b. Produção das microcápsulas;
  - c. Aplicação das microcápsulas no substrato têxtil;
  - d. Controlo de qualidade.
5. Peças de vestuário infantil
  - a. Desenvolvimento do conceito;
  - b. Produção das peças;
  - c. Aplicação das microcápsulas.

6. Testes e resultados
  - a. Técnicas de caracterização objetivas e subjetivas.
7. Conclusões e perspectivas futuras
  - a. Avaliação do trabalho de investigação efetuado;
  - b. Possível continuidade do projeto.

## **1.6 Estrutura da dissertação**

Este trabalho de pesquisa divide-se em sete capítulos.

O capítulo 1 constitui a estrutura formal da dissertação e contém o enquadramento, os objetivos (geral e específico), a motivação e a metodologia adotada no desenvolvimento da mesma.

No capítulo 2 encontra-se uma revisão sobre o estado-de-arte em relação ao design sustentável.

De seguida, o capítulo 3 apresenta a fundamentação teórica, relatando os diversos conceitos das áreas desenvolvidas neste trabalho: dermatite atópica, vestuário infantil, microencapsulação e óleos essenciais naturais, tópicos que, agregados à temática do capítulo anterior definem o conceito do produto final.

O capítulo 4, baseia-se na componente prática desta investigação, na caracterização conceptual dos modelos de vestuário infantil a serem desenvolvidos, na caracterização das matérias-primas, na descrição de processos e tecnologias a aplicadas, nas condições de ensaio, nos testes de controlo de qualidade realizados e nas normas aplicadas.

Posteriormente, o capítulo 5 é dedicado à análise e interpretação dos resultados obtidos e à verificação do cumprimento dos objetivos estabelecidos inicialmente.

No capítulo 6, são apresentadas as conclusões do trabalho desenvolvido.

Por fim, no capítulo 7 é feita uma breve apresentação das perspectivas para a possível continuidade desta investigação e sugestões para futuras linhas de investigação complementares.

## Capítulo 2

# Revisão sobre o Estado de Arte: Design Sustentável

### 2.1 Perspetiva histórica

Mundialmente, a degradação do ambiente avançou de forma constante e tem vindo a colocar em questão a existência humana e a vida do planeta, estes que dependem do bom funcionamento dos ecossistemas (Clemente, 2015).

O ambiente é parte crucial de todo o processo de desenvolvimento, este consiste nas conexões e nos relacionamentos entre pessoas e recursos naturais. Portanto, as mudanças ambientais não são apenas naturais, são também o efeito da manifestação de diferentes padrões de desenvolvimento e estilos de vida. Por outro lado, qualquer mudança física no ambiente tem consequências socioeconómicas que influenciam a qualidade de vida (Avramescu e Dobre, 2017).

Cada indivíduo consome e descarta, diariamente, um grande número de produtos, o impacto ambiental consequente dessa ação tende a aumentar com o crescimento da população. Os consumidores usam muitos produtos têxteis que posteriormente são descartados, de acordo com o seu poder de compra e necessidades. Sendo assim, o consumo e o descarte de artigos têxteis, aumentam à medida que a população cresce e se torna mais rica (Muthu, 2014).

Tracy Bhamra (2007) explica que, até há pouco tempo, a resposta comum aos problemas ambientais era reduzir a poluição e o desperdício depois destes já terem sido produzidos. Posteriormente, a atenção afastou-se dessas abordagens e passou a focar-se numa fabricação “mais limpa”, resultando em menos desperdício e poluição. Foi então que se percebeu que os principais impactos ambientais provêm dos materiais utilizados, do uso e da escolha de fim de vida desses produtos.

Fletcher e Tham (2015), acrescentam que o papel que o setor da moda desempenha em contribuir para a degradação dos sistemas naturais é cada vez mais reconhecido. Para contextualizar ainda mais a moda, a pegada ambiental associada ao vestuário é alta em comparação com outros produtos e suspeita-se que, até 2050, como sociedade global, enfrentemos uma triplicação da extração e consumo anual de recursos.

Antes da industrialização, as pessoas possuíam muito menos roupas e acessórios. Os artigos eram feitos por medida para os ricos, enquanto que as classes sociais mais baixas faziam as

próprias roupas. O vestuário foi utilizado e mantido durante vários anos por reparação e/ou remodelação, na verdade, eles podiam ser considerados produtos de vida longa. O nascimento da moda *ready-to-wear* implicou a padronização de tamanhos e, conseqüentemente, uma redução nos custos de produção, que permitiram aos consumidores comprar mais roupas, mesmo que não servissem tão bem quanto as das costureiras. Simultaneamente, a globalização da produção, o aumento da concorrência e a demanda do consumidor resultaram em ciclos de moda acelerados, que levaram a uma cultura de moda “rápida” e descartável (Cimatti et al., 2017).

Hoje em dia, mais de seis bilhões de pessoas habitam o nosso planeta (dados de 2016) e produzem milhões de toneladas de lixo por dia. É quase inimaginável que o lixo têxtil esteja previsto como a categoria de resíduos que mais cresce entre 2005 e 2020. A maioria dos resíduos têxteis demoram anos a decompor-se e ocupam um espaço significativo, ameaçando diretamente o bem-estar de organismos no planeta. A maior parte destes resíduos acaba em aterros sem qualquer tipo de tratamento, com materiais que contêm componentes que libertam substâncias químicas tóxicas ou que demoram um tempo imprevisível a deteriorar-se. Apenas uma fração, uma percentagem muito pequena, é reciclada ou manufaturada novamente, sendo que isso é insuficiente para compensar todos os danos causados ao meio ambiente pela indústria têxtil (Dissanayake e Perera, 2016).

A Patagonia, empresa de roupa para desportos ao ar livre, foi uma das primeiras marcas tradicionais a assumir um compromisso com os ideais sustentáveis como parte da sua missão. Designers examinaram culturas indígenas como protótipos de sustentabilidade, revistas abordaram temas ecológicos e associações industriais, incluindo a *Sustainable Style Foundation*, foram formadas (Cole e Deihl, 2015).



fig. 1 Patagonia - 2011, Campanha de consciencialização para o consumismo têxtil, no jornal *The New York Times*.

Sustentabilidade refere-se aos processos e produtos ambientalmente responsáveis que atendem às necessidades da geração atual sem comprometer a capacidade de atender às necessidades das gerações futuras (Sathe e Crooke, 2010).

## 2.2 Design sustentável na cadeia de abastecimento

O que era verdade em 1850 permanece válido agora: a moda reflete continuamente inovações tecnológicas e desenvolvimentos económicos e políticos, relaciona-se aos estilos predominantes nas belas artes finas e nas artes decorativas. Já o desenvolvimento e o papel do designer de moda como catalisador da mudança estilística lançaram as bases para o universo de designers e marcas integrantes da indústria da moda atual (Cole e Deihl, 2015).

O design é como uma ferramenta, um processo, cuja função está ligada à melhoria da qualidade de vida do utilizador. Um dos princípios do design contemporâneo baseia-se na investigação de soluções sustentáveis para os diversos problemas globais (Cotrim, 2015).

A indústria da moda começou a abordar a sustentabilidade de várias maneiras, inspirando-se no movimento ecológico dos anos 70 e em produtos que mais tarde se desenvolveram, como o algodão colorido cultivado da *Fox (Fox Fibre®)* e os materiais orgânicos da *New Tee Inc.*, de Sandra Garratt, um movimento de moda alternativo que veio a aumentar. O livro '*Cradle to Cradle*' de Michael Braungart e William McDonough, publicado em 2009, deu início ao aparecimento de alguns conceitos como a "moda verde", a "moda ecológica" ou o "*slow fashion*" (Cole e Deihl, 2015).

Hoje em dia, os consumidores exigem que os produtos não atinjam apenas os requisitos de qualidade e segurança, mas também que sejam fornecidos e fabricados com práticas sustentáveis, que não causem impacto negativo no meio ambiente, na comunidade, na sociedade ou na economia (Mahapatra, 2015).

A extração da matéria-prima inicia o ciclo de vida de cada produto, denominando-se fase berço (*cradle*), passando por outros processos: fabricação, distribuição, uso e, antes do ciclo terminar, ainda temos a fase de descarte (*grave*). Todos estes processos têm consequências para o meio ambiente, porque cada indústria possui uma cadeia de fornecimento dedicada à fabricação dos seus produtos e, portanto, cada parte dessa cadeia é responsável por uma infinidade de impactos ambientais (Muthu, 2014).

Muthu (2014) afirma que a cadeia de abastecimento da indústria têxtil é particularmente complexa, porque mesmo dentro de um único setor, por exemplo o do vestuário, há muitos segmentos. Na maioria dos casos, a cadeia de abastecimento é excessivamente global e descentralizada. O autor acrescenta ainda, que existem inúmeras técnicas de produção para

diferentes tipos de fibras, sistemas de fiação e tecnologias de tecidos e vestuário. Por ser tão complexa, é difícil controlar e descrever todos os processos e estudar os impactos ambientais desta cadeia de abastecimento.

Existem vários fatores, internos e externos, para que se implemente o design sustentável na indústria têxtil. Bhamra (2007), resume alguns desses fatores:

- Redução de custos - menos matérias-primas usadas, menos resíduos produzidos, eficiência energética e eficiência hídrica;
- Regulamentos legislativos - cada vez mais importantes para as empresas à medida que estas aumentam, tanto no país em que operam como para onde exportam;
- Concorrência - empresas pioneiras perceberam que podiam obter alguma vantagem competitiva considerando a sustentabilidade;
- Pressão do mercado - atender à crescente pressão do consumidor associada ao meio ambiente;
- Requisitos do cliente industrial - muitos fornecedores são solicitados a atender os requisitos ambientais dos seus clientes;
- Inovação - novas oportunidades de mercado agregando questões ambientais ao desenvolvimento de produtos, estimula a inovação de produtos e processos;
- Motivação dos funcionários - introduzir considerações ambientais numa organização é uma maneira eficaz de envolver e motivar os funcionários, assim eles podem contribuir ativamente e melhorar o seu ambiente de trabalho;
- Responsabilidade da empresa - muitas empresas são cada vez mais conscientes da responsabilidade que têm em relação ao meio ambiente e do papel que precisam desempenhar para o sucesso de uma sociedade mais sustentável;
- Comunicações - muitas organizações usam o ambiente como uma ferramenta de comunicação, eficaz para todas as partes interessadas. Fornecendo um novo mecanismo para promover a organização e os seus produtos ou serviços.

As diversas pressões internas e externas resultaram num verdadeiro impulso em muitos setores industriais para que considerassem o design sustentável como parte integrante de todo o desenvolvimento dos seus produtos (Bhamra, 2007).

O eco design é uma abordagem do design sustentável, considera o impacto ambiental do produto durante todo o seu ciclo de vida e ajuda na redução da pegada ecológica, que é a medida do impacto humano nos ecossistemas. O ciclo de vida de um produto inclui 4 fases principais: matéria-prima, fabricação, uso e eliminação (Cimatti et al., 2017).

A moda e a sustentabilidade são, muitas vezes, contraditórias e o desafio da indústria têxtil é encontrar os melhores métodos possíveis para as harmonizar. Embora não haja uma definição universal de “moda sustentável”, as pessoas envolvidas nas diversas fases desta indústria veem

apenas da perspectiva das suas próprias funções no processo. Vendo desde o início, um produtor de têxteis poderia considerar apenas do ponto de vista do consumo de energia, consumo de água, produtos químicos tóxicos envolvidos e condições de trabalho nas fábricas. Depois, um designer de moda consciente e preocupado iria identificar-se como promotor de uma marca ecológica. Numa confeção têxtil, poderiam ser as condições de trabalho justas e seguras para os colaboradores da produção. E finalmente, para o consumidor, pode ser a durabilidade do produto, ou até a possibilidade de reciclagem do mesmo. Não há dúvida que a moda sustentável exige um ponto de vista holístico, um sistema de produção de ciclo fechado trazido pela abordagem “*cradle to cradle*” (do berço ao berço). Os consumidores estão cada vez mais conscientes das questões ambientais associadas à moda e têm vindo a aumentar as suas exigências nas escolhas sustentáveis, e é aí que retalhistas e fabricantes têm de pensar para além dos seus próprios lucros (Dissanayake e Perera, 2016).

Existem diversos tipos de produção de artigos têxteis, no entanto a cadeia de abastecimento consiste nas seguintes fases:

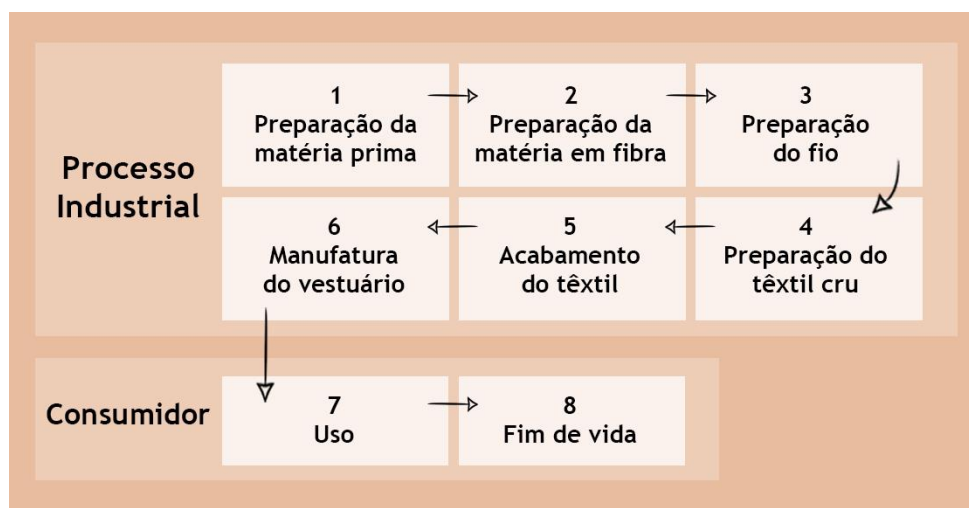


fig. 2 Principais etapas da cadeia de abastecimento, adaptado de (Muthu, 2014)

A produção têxtil envolve uma das mais complicadas cadeias de abastecimento no setor da manufatura, e, portanto, questões ambientais surgem em todas as fases de produção. Os principais impactos ambientais decorrem do uso de energia, água, produtos químicos tóxicos e esgotamento dos recursos naturais (Dissanayake e Perera, 2016).

### 2.2.1 Produção de fibras

As fibras vegetais naturais incluem algodão, linho, cânhamo e juta, e as fibras animais incluem lã e seda. Além destes, existem também fibras artificiais produzidas a partir de fibras naturais

como a viscose, cujas propriedades funcionais são próximas das fibras naturais. As fibras sintéticas, por outro lado, são produzidas pelo processamento químico do petróleo (Ricci et al., 2016).

Ao discutir os impactos ambientais dos produtos têxteis, é de notar que ainda existe uma certa confusão entre as fibras sintéticas e naturais no que toca a decidir quais são as mais ecológicas. A opinião que predomina é que as fibras naturais criam impactos ambientais menores, no entanto não é fácil chegar a uma conclusão sem avaliar os materiais sintéticos e os materiais naturais com base nos fatores envolvidos (Muthu, 2014).

Mesmo sendo consideradas fibras amigas do ambiente, as fibras naturais têm algumas desvantagens, entre elas:

- Quantidade de oxigénio produzido e dióxido de carbono absorvido, compensando aquecimento global durante a fase de produção de uma fibra;
- Utilização de recursos renováveis;
- Uso da terra;
- Uso de fertilizantes e pesticidas;
- Capacidade de reciclagem;
- Biodegradabilidade;
- Requisitos de energia;
- Requisitos de água;
- Emissão de gases (Muthu, 2014).

### 2.2.2 Fiação

O processo de fiação varia consoante as matérias-primas, mesmo assim, independentemente da técnica, há outros fatores a considerar durante esta etapa: o transporte (tipo e distância) durante as várias fases da fiação, o uso e a origem de energia usada, desperdício de fibras, químicos usados e a sua eliminação, a quantidade de pó amontoado, humidificação de sistemas, os acessórios necessários (cones, bobinas, entre outros) e a sua eliminação. O pó é o principal poluente na fiação de algodão e representa o risco de bronquite crónica. A inalação a longo prazo de poeira de algodão pode causar a secreção de doenças respiratórias e muitos estudos relatam problemas de saúde relacionados à poeira de algodão (Muthu, 2014).

Muthu (2014) explica ainda que, no que toca ao consumo de energia pela fiação, os valores variam entre os processos para malhas e os processos para tecidos, sendo que estes últimos requerem mais torção do fio.

### 2.2.3 Manufatura de têxteis

Nesta fase conhecemos três variações de têxteis - malhas, tecidos e não tecidos, todas elas apresentam ameaças nocivas tanto para a saúde humana bem como a do planeta. As malhas e tecidos exigem maquinaria variada e diversas pequenas etapas, como transporte e distâncias dentro da fábrica, energia consumida em vários processos, material usado nas embalagens, lixo sólido criado e a sua eliminação, químicos utilizados e a sua eliminação, níveis de barulho produzidos, necessidade de sistemas de humidificação, acessórios usados (cones, cilindros de teares, etc.) e a sua eliminação, entre outros; já o fabrico de não tecidos requerem mais atenção no que toca aos compostos orgânicos voláteis e partículas libertadas nos seus processos, sendo que o mais preocupante são os resíduos sólidos (desperdícios) resultantes (Muthu, 2014).

### 2.2.4 Processos de acabamento

Este é o processo final da fabricação de têxteis, antes destes se tornarem peças de vestuário. Abrange diversas divisões e subprocessos, na verdade não existe um processo de acabamento fixo, para qualquer fibra ou qualquer tipo de tecido os processos de acabamento variam dependendo da finalidade do produto. Embora o processo de acabamento crie emissões de ar e água e desperdícios sólidos, são as emissões de água que são de maior importância e preocupação, isto devido à grande quantidade de produtos químicos utilizados ao longo do processo. Estima-se que seja necessário 1 kg de químicos e auxiliares por cada kg de tecido acabado (Muthu, 2014).

### 2.2.5 Confeção do vestuário

Esta é a fase onde se começam a formar as diversas peças de vestuário e conta com várias operações como: esticar, torcer, cortar, coser, colocar elementos (entretelas, botões, fechos, etc.) e embalar. Estes são alguns dos fatores a considerar na avaliação dos impactos ambientais desta fase:

- Tipo de transporte e distância da fábrica de acabamento à fábrica de vestuário;
- Tipo de transporte interno e distância entre os diferentes departamentos da fábrica de acabamento;
- Energia utilizada nas operações de confeção de roupas;

- Aquisição de acessórios diferentes - distância e meio de transporte;
- Lidar com retalhos de tecidos de várias operações, especialmente resíduos de corte;
- Percentagem de peças de vestuário rejeitadas;
- Produção de vapor a partir da caldeira e impacto associado (como aquisição, armazenamento e queima de lenha);
- Outros consumíveis, como lubrificantes, materiais de embalagem, transporte e descarte (Muthu,2014).

O autor, acrescenta ainda que, num estudo relacionado apenas com a avaliação do ciclo de vida de processos de vestuário, conclui-se que a roupa é dos processos mais limpos relativamente à fabricação.

### 2.2.6 Distribuição e retalho

Esta etapa envolve o transporte da fábrica para o retalhista e posteriormente para o cliente. Os principais impactos surgem do meio de transporte e da distância envolvida, considerando que, entre as diversas fases do ciclo de vida dos produtos, os impactos ambientais globais do transporte são pequenos, ainda assim devem fazer-se esforços para minimizar esses impactos, reduzindo ou evitando o transporte de longa distância (Muthu, 2014).

### 2.2.7 Uso e fim de vida

O uso e o fim de vida dos produtos são da inteira responsabilidade do consumidor, os artigos têxteis precisam de uma grande manutenção e por esse motivo têm um maior impacto durante a fase de uso. Alguns produtos com uma vida útil mais longa, como casacos, terão menos impacto, tendo em conta a frequência com que exigem lavagens, mas independentemente do tipo de têxtil, este período é geralmente responsável por cerca de 80% da pegada negativa ambiental. O consumo de energia, água, produtos químicos e outros recursos variam dependendo de fatores como o tipo de produto, fibra e uso, no entanto é de salientar os impactos significativos desta tão importante fase do ciclo de vida de um produto:

- Tipo de cuidado necessário para manutenção dos têxteis;
- Métodos de lavagem e secagem;
- Quantidade de água e produtos químicos usados na lavagem;
- Temperatura de lavagem e secagem;
- Energia consumida na lavagem e secagem;
- Necessidade de engomar e energia consumida;

- Frequência de lavagem.

É difícil tirar conclusões sobre os impactos ambientais desta etapa, estes podem variar significativamente consoante as preferências e hábitos individuais dos consumidores e do país em que vivem (Muthu, 2014).

## 2.3 Ferramenta para medir impactos no processo têxtil

Existem várias ferramentas para medir os impactos ambientais de produtos, das quais se destaca a Avaliação do Ciclo de Vida, mais conhecida por *Life Cycle Assessment (LCA)*. Esta é considerada a ferramenta mais completa e por isso mais usada para avaliar produtos, processos ou serviços (Muthu, 2017).

O Life Cycle Assessment consiste na avaliação do ciclo de vida de um produto, é uma metodologia para calcular os impactos ambientais e o consumo de recursos associados à sua existência. Desde a extração de matérias-primas, considerando o processamento, a manufatura, a distribuição, o uso, a manutenção, a reparação e a eliminação dos materiais, o LCA é uma ferramenta fundamental para ajudar as empresas a fazer melhores escolhas de produção e assim aumentar a sua sustentabilidade (Cimatti et al., 2017).

Considerando que este ciclo é constituído de inputs, sendo eles os recursos utilizados - material cru, água, energia, químicos e outros auxiliares; e os *outputs*, que são as emissões criadas - água, solo e ar, estes dados são convertidos em modelos matemáticos, analisados e avaliados consoante o tipo de impacto: pegada de dióxido de carbono (mudança climática), pegada ecológica, pegada de água, toxicidade humana, pegada de energia, potencial redução de ozono, poluição (fumo), esgotamento de recursos e danos ecológicos (Muthu, 2017).

O Life Cycle Assessment pode ser realizado de várias maneiras, no entanto as mais usadas são: *Cradle to Grave* - consiste numa avaliação completa do ciclo de vida que inclui todas as fases, desde a matéria prima até ao fim de vida do produto; *Cradle to Gate* - que constitui uma avaliação focada apenas nas atividades praticadas durante o processo fabril (Muthu, 2014); e em resposta às exigências do mercado sustentável, surgiu um outro ciclo *Cradle to Cradle* - tornando-se um ciclo fechado, este coloca a reciclagem como fim de vida do produto, para que se volte a fazer um novo produto (Mahapatra, 2015), no entanto não se sabe qual o limite deste ciclo, visto que a matéria vai perdendo qualidade reciclagem após reciclagem.

A fig. 3 apresenta um esquema do ciclo de vida de uma t-shirt:

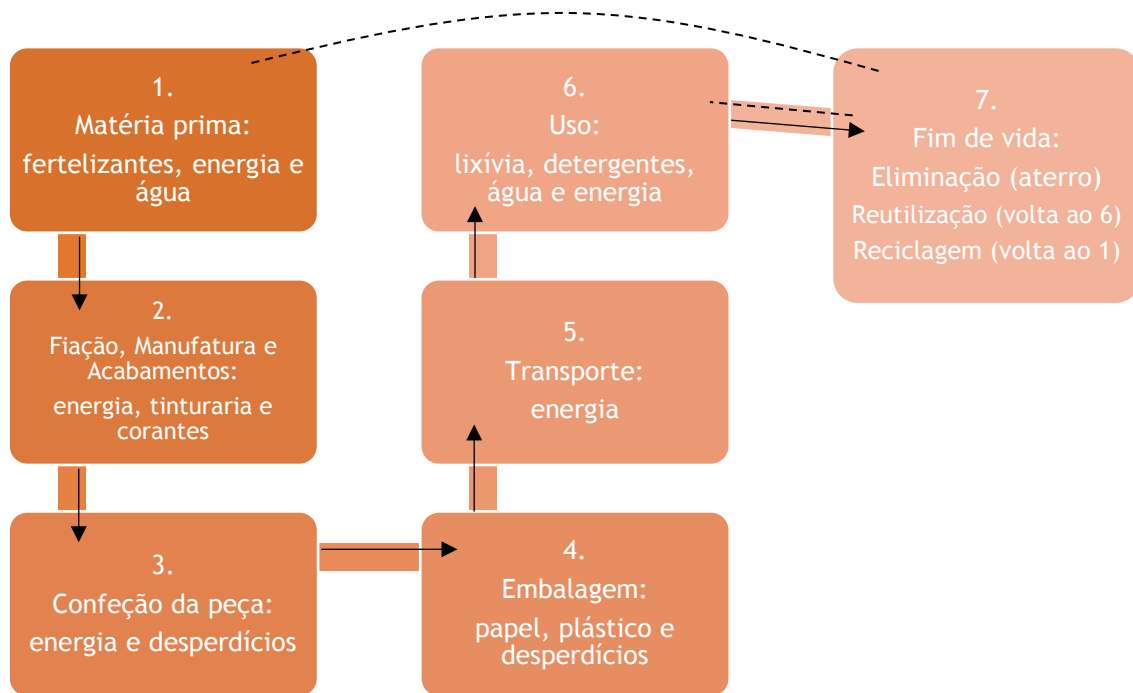


fig. 3 Esquema do ciclo de vida de uma t-shirt, adaptado de (Mahapatra, 2015)

Com base na manufatura sustentável, o tradicional conceito dos três R's (3R) que promove a fabricação verde - Reduzir, Reutilizar e Reciclar - foi recentemente ultrapassado pelo conceito dos seis R's (6R) - Reduzir, Reutilizar, Recuperar, Repensar, Refazer e Reciclar. A reciclagem é o processo de juntar e processar materiais que, eventualmente, seriam para o lixo, transformando-os em novos produtos. No caso da indústria têxtil, os tecidos armazenados que não são utilizados (como restos de produções ou peças com erros técnicos) são desperdícios que podem ser recuperados por esta metodologia, obtendo novos produtos (Cimatti et al., 2017).

### 2.3.1 Algodão convencional, algodão orgânico e respectivos impactos

As fibras naturais mais usadas na indústria têxtil, incluem algodão, algodão orgânico, lã, linho, bambu e cânhamo. Atualmente, no mercado têxtil, o algodão ocupa a maior percentagem (80%) do uso global de fibras naturais, mas ainda cria problemas para o meio ambiente e para a saúde humana. Por exemplo, entre todas as culturas agrícolas, o algodão é uma das que utiliza maior número de pesticidas e de herbicidas, sendo responsável por 16% de todos os inseticidas e 6,8% de todos os herbicidas usados globalmente. O cultivo tradicional de fibras difere dos métodos de agricultura orgânica, estes são sugeridos com base nos padrões globais de têxteis orgânicos,

como os fornecidos pela *Global Organic Textile Standard (GOTS)*. O uso de têxteis orgânicos contribuiu para a redução da mudança climática global até 46% e, ainda, o consumo de recursos naturais durante a produção de algodão orgânico pode economizar 90% de água e 60% de energia (Lee, 2017).

O algodão orgânico é facilmente vendável: as diferenças físicas entre o algodão orgânico e o convencional são pouco nítidas, isto fez com que o algodão orgânico tivesse fácil e rápida aceitação entre designers e consumidores. Para além disso, o impacto no meio ambiente é muito menor do que o do algodão tradicional, já que a sua agricultura proíbe o uso de pesticidas químicos e de fertilizantes, para eliminar pragas indesejadas, são introduzidos inimigos naturais nas lavouras. Para compensar o esgotamento dos nutrientes do solo, recorreu-se à rotação de culturas, o que ajuda a enriquecer a terra, conseqüentemente, o solo denso em nutrientes requer menos água. Os agricultores que cultivam algodão orgânico também obtêm rendimentos mais altos - até 50% mais do que os que cultivam algodão convencional (Gordon e Hill, 2015).

Segundo estudos de mercado, em 2013, a H&M consumiu, mundialmente, a maior quantidade de algodão orgânico, sendo que, dos 10% do total de algodão usado pela empresa; cinco por cento desse uso de algodão orgânico provinha da *Better Cotton Initiative (BCI)*, uma organização global sem fins lucrativos que apoia a rede da cadeia de fornecimento de algodão orgânico (Lee, 2017).

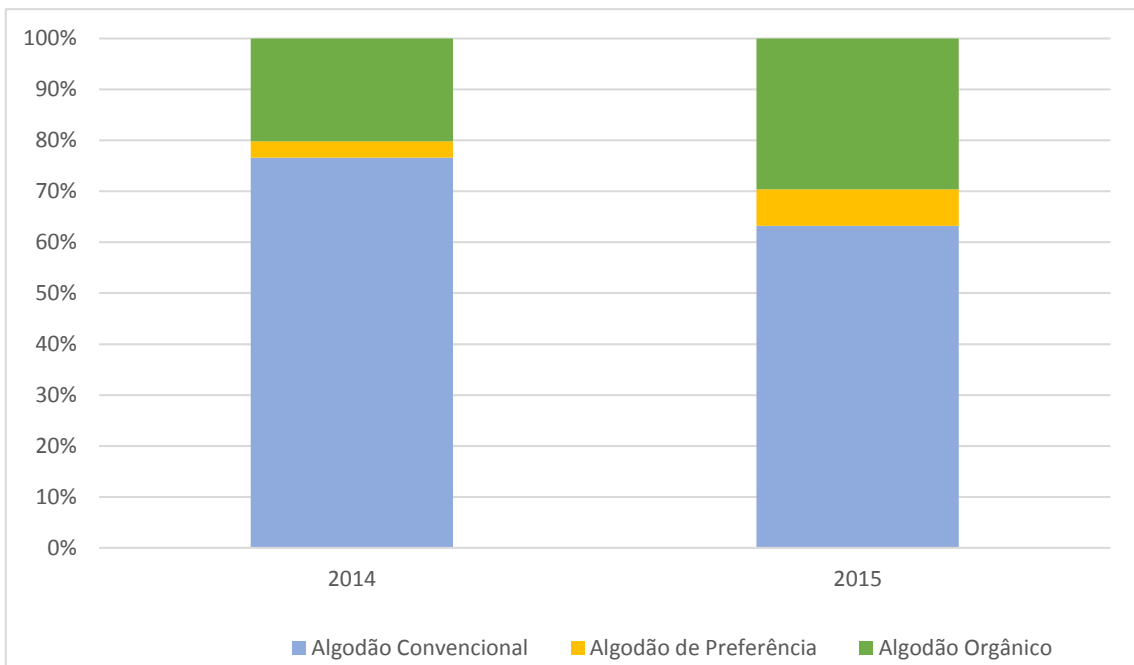


Gráfico 1 Estudo revelado pela Textile Exchange, sobre o consumo de três tipos de algodão: o convencional, o de preferência (*Better Cotton Initiative, Cotton Made in Africa e Fair Trade Foundation*) e o orgânico, por dez grandes empresas, em 2014 e 2015. Adaptado de (Pepper, 2016)

Devido às boas características de conforto, a fibra de algodão é usada principalmente no setor do vestuário. Estudos revelaram que a produção de tecidos de algodão requer muito menos energia e menos recursos naturais (petróleo e gás), em comparação com tecidos de poliéster, ainda assim, o cultivo da fibra de algodão precisa de fertilizantes químicos e mais água e produz emissões de dióxido de carbono e dióxido de enxofre de maiores quantidades, em relação às fibras de poliéster. A produção de algodão orgânico não utiliza pesticidas nem fertilizantes sintéticos e, portanto, tem impactos ambientais muito menores quando comparados ao algodão convencional (Rana et al., 2014).

*"So, when I talk to people about organic cotton, I'm often asked "but does it really have a positive effect?" The answer is yes! I truly believe that it can be a market driven solution, and we have so many great examples." - La Rhea Pepper (2016)*

No entanto, Gordon e Hill (2015), afirmam que apesar dos muitos atributos positivos do algodão orgânico, não é uma escolha de fibra "perfeita". Embora a produção de algodão requeira relativamente pouca energia, todo o algodão - convencionalmente cultivado ou orgânico - requer limpeza e esse processo envolve limpeza e branqueamento, usando produtos químicos que são geralmente tóxicos.

A consciencialização de produzir e de processar algodão com métodos sustentáveis está em crescimento, quase metade do algodão produzido no mundo tem irrigação garantida, enquanto que a outra metade vem das condições da chuva. A maior parte do algodão ainda é colhida à mão, sendo que a colheita mecânica só é adotada se a mão-de-obra não estiver disponível ou se for dispendiosa. O algodão orgânico representa menos de 1% da produção mundial e assim vai continuar como um nicho de mercado (Chaudhry, 2010).

## **2.4 Futuro da sustentabilidade**

A indústria da moda tem sofrido uma metamorfose nos últimos 300 anos e continua a evoluir rapidamente. Hoje, muitos consumidores podem comprar centenas de peças de roupa por ano, caso optem por fazer compras nas inúmeras lojas especializadas em roupas "descartáveis" de baixo preço. São poucos os consumidores que param para considerar o ciclo de vida completo das roupas que compram e não apenas onde e como as roupas foram feitas, mas o que será delas depois de terem sido usadas poucas vezes e, posteriormente, descartadas (Gordon e Hill, 2015).

Hoje em dia, uma questão ambiental vital que afeta a sustentabilidade na moda é a mudança climática, a acumulação de gases e o consequente aquecimento global têm laços históricos que antecedem a Revolução Industrial (Wallinger, 2015).

De todas as questões relacionadas com a sustentabilidade, a que talvez domine todas as discussões é a do meio ambiente e a do custo das nossas práticas de produção e uso de recursos naturais, como ar e água. Desde o alto consumo de água, como na produção de algodão, ao custo de transporte de roupas em vários territórios, ou da busca de mão de obra mais barata, aos problemas do consumo excessivo de *fast fashion* e, ainda, à quantidade de aterros que criamos, a moda tem estado sob os holofotes da imprensa popular nos últimos anos por causa dos altos custos ambientais (Entwistle, 2015).

Atualmente, há cadeias de *fast fashion*, como a Mango e a H & M, que têm linhas inteiramente dedicadas aos “consumidores ecológicos” e prevê-se que, cada vez mais, marcas insiram produtos sustentáveis nas suas coleções (Fletcher & Tham , 2015).

Quando os líderes da indústria da moda se reuniram na edição de maio de 2017 do maior evento empresarial sobre sustentabilidade na moda, o *Copenhagen Fashion Summit*, foram encorajados a assinar um compromisso de ajudar a acelerar a transição do setor para um sistema de moda circular. O compromisso do *Circular Fashion System 2020* recebeu o apoio imediato de 64 das principais empresas de moda de todo o mundo, representando um total de 142 marcas, entre os assinantes estavam Adidas, ASOS, Bestseller, Eileen Fisher, H & M, Hugo Boss, Inditex, Kering, Reformation, Target e VF Corp. Ao assinarem, não declararam apenas o seu apoio a um sistema de moda mais circular, mas também se comprometeram a estabelecer uma estratégia circular para as suas empresas em 2020 (Global Fashion Agenda).



# Capítulo 3

## Fundamentação teórica

### 3.1. Vestuário infantil

Ao longo do século XVIII, a roupa foi estilizada e pensada apenas para adultos, não havia roupas específicas para crianças durante esse período, as crianças eram consideradas mini adultos que usavam o estilo adulto. Para além disso, a construção das roupas das crianças era muito mais forte do que as roupas para adultos, para que tivessem mais durabilidade e era comum serem maiores para que pudessem ser usadas por vários irmãos (Baumgarten, 1986).

A partir do ano de 1800 até à Revolução Industrial em 1845, houve uma mudança na forma como as roupas eram produzidas. Como o estilo e a moda estavam apenas a começar a ser introduzidos nas roupas infantis, os fabricantes projetavam roupas para crianças como se não tivessem gostos e desejos e, geralmente, os pais compravam roupas para os filhos de acordo com o que eles achavam bom e não porque eram roupas que os filhos queriam (Zakaria, 2016).

A industrialização tornou a roupa das crianças muito mais forte e, por conseguinte, duradoura, introduziram-se ainda novos e diferentes elementos, como fechos, botões e molas de pressão, para prender a roupa das crianças, estes permitiram que as crianças se tornassem muito mais independentes e comesçassem a vestir-se sozinhas. O ciclo de fabricação de moda mudou e tornou-se mais rápido, anteriormente, o ciclo de vida de um produto era de 4 a 6 meses, atualmente o ciclo é de apenas 4 a 6 semanas (Fletcher, 2014).

*“Fast fashion - low-cost clothing collections based on current, high-cost luxury fashion trends - is, by its very nature, a fast-response system that encourages disposability” - Kate Fletcher (2014)*

Zakarias (2016), afirma que a roupa das crianças e adolescentes não só precisam ser atraentes, mas também têm que ter como foco principal o conforto e a segurança. Para além disso, o design funcional começou a aparecer no mercado de roupas infantis, assim, as roupas devem ser práticas, confortáveis e usar materiais de alta tecnologia, como tecidos altamente absorventes, ecologicamente corretos e com corantes quimicamente seguros.

O autor, acrescenta ainda que, a qualidade já não é exigida apenas em peças de vestuário caras, mas também em peças de vestuário de baixo custo.

### 3.1.1 Estudo de mercado

Antes de se pensar e desenvolver um produto, foi feito um estudo, para perceber que tipo de ofertas já existem no mercado português. As marcas em estudo foram a Pura Natura, a Le Petit Chiffon, a Bamboo & Love e a Skin to Skin, produtos diferentes que convergem no mesmo conceito: sustentabilidade.

- **Pura Natura** - Algodão 100% orgânico com cores naturais - cru, verde, castanho;
- **Le Petit Chiffon** - Algodão 100% orgânico;
- **Bamboo & Love** - 100% Bamboo;
- **Skin to Skin** - Composição especial, testada para diversas patologias da pele.

É importante notar que estas são as informações apresentadas pelas marcas nos seus sites oficiais e que, apesar de serem marcas muito diferentes em estilo, todas abordam o mesmo assunto, o cuidado a ter com a pele sensível das crianças.

É de salientar também que outras marcas foram pesquisadas (One of Us, Piupia, Barn of Monkeys, entre outras), e que, na sua maioria, usam algodão 100% orgânico e natural, por não conter qualquer tipo de químicos envolvidos no processo, reduzindo assim os riscos de irritação em peles mais sensíveis.

## 3.2 Patologia: Dermatite Atópica Pediátrica

A dermatite atópica (DA) é uma doença paradigmática, sempre desafiou a comunidade científica no que diz respeito à sua origem e ao amplo espectro de condições clínicas. As múltiplas denominações para esta doença no último século sublinham a falta de consenso em relação à origem da doença (Bieber, 2017).

A dermatite atópica é uma doença inflamatória crónica da pele que, geralmente, começa nos primeiros anos de vida. Existem muitos fatores conhecidos para agravar a doença, incluindo alergénios alimentares e inalantes, fatores climáticos, infeções da pele devido, stress, irritantes químicos e físicos. No tratamento desta doença, a abordagem correta implica uma combinação de múltiplos tratamentos para identificar e eliminar os fatores desencadeantes e melhorar a alteração da barreira cutânea (Ricci et al., 2006).

A dermatologista, Joana Cabete, em entrevista à Sic Notícias, informou que a Dermatite Atópica afeta entre 10 a 20% da população pediátrica em Portugal e têm vindo a aumentar o número de casos nas últimas três décadas. É uma doença multifatorial, que advém principalmente de questões genéticas, mas também ambientais. Crianças que vivem em áreas urbanas, onde a

poluição é uma constante nas suas vidas, são mais propensas a desenvolver problemas inflamatórios, sendo um deles a dermatite atópica.

As lesões podem afetar as superfícies do couro cabeludo, face e extensores nos bebês, enquanto que as superfícies dos flexores, normalmente, se tornam mais afetadas em crianças mais velhas e adultos. O tratamento da DA destina-se a restabelecer a integridade da barreira cutânea e ainda limitar os efeitos da inflamação alérgica (Gaudinski e Milner, 2016).

A hidratação adequada reduz os efeitos diretos dos irritantes e alergénios, melhorando o efeito das terapias aplicadas topicamente. O tratamento da dermatite atópica concentra-se essencialmente no alívio sintomático (Golpour et al., 2016).

A roupa pode ser uma barreira eficaz contra arranhões persistentes, permitindo uma melhoria mais eficaz das lesões e pode reduzir a fonte externa de irritantes cutâneos e infeção bacteriana. No entanto, as fibras ásperas de alguns tecidos, como a lã, podem produzir um agravamento das condições da pele. O algodão é o tecido mais utilizado para pacientes com dermatite atópica, este tem uma ampla aceitação como material de vestuário por causa da sua abundância natural e propriedades inerentes, como boa resistência, melhor condução de calor, fácil tingimento e excelente absorção de humidade. Para além disso, a fácil biodegradabilidade do algodão é uma atração adicional (Ricci,2006).

Ricci e os seus colegas (2006) concluem que, a hipersensibilidade da pele atópica pode ser melhorada ou piorada pelo uso de têxteis, sendo que o uso de um tecido no tratamento da doença, especialmente se for um tecido mole (sendo o algodão atualmente o mais utilizado), reduz a irritação de contato e previne agentes bacterianos externos.



fig. 4 Ciclo vicioso do prurido segundo a Eucerin.

### 3.3 Micro/Nano-encapsulação: generalidades e terminologia

A palavra encapsular deriva do Latim *en* que significa dentro e *capsula* significando pequena caixa, assim se conclui que encapsular é colocar algo dentro de uma caixa (Meirowitz, 2010).

Com a crescente tendência de quererem melhorar a beleza através de meios saudáveis, os consumidores solicitam vestuário e têxteis lar que contenham não só as suas características básicas originais, como calor e conforto, mas também que tenham funções extras, incluindo proteção ambiental, antipoluição e mais importante, cuidados de saúde e beleza, na tentativa de uma vida mais natural e saudável (Cheng et al., 2008).

Meirowitz (2010) explica-nos que a escolha no uso da microencapsulação tem vindo a expandir-se tanto no número de empresas que a escolheram como nas aplicações para as quais é escolhida. Para além disso, as vantagens da tecnologia e a sua utilização estão a impulsionar-se em diferentes indústrias. Os benefícios gerais podem ser obtidos examinando as semelhanças que surgem em diversas aplicações, estes incluem o seguinte:

- Controlo previsível, libertação estável
  - Melhor performance
  - Custos mais baixos devido à necessidade de menos material
- Proteção da fase interna contra degradação ou evaporação
  - Maior durabilidade
- Libertação direcionada para um determinado local
- Libertação manipulada
  - Tempo
  - Temperatura
  - Pressão
- Controlo de odores ou sabores
  - Libertação
  - Absorção
- Maior ou mais rápida capacidade de produção devido à facilidade de manuseio
- Conversão de líquido em sólidos de fluxo livre
- Proteção contra materiais perigosos
  - Segurança para o utilizador
  - Proteção do meio-ambiente

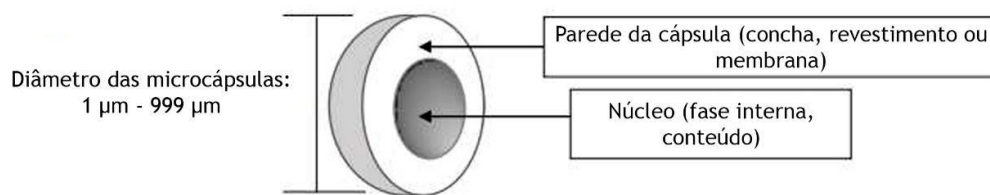


fig. 5 Características básicas de uma microcápsula (adaptado e traduzido de AbdManaf et al., 2015)

As microcápsulas podem ter um diâmetro médio tão pequeno como 1 µm (micrómetro) e podem ir até várias centenas de µm, as cápsulas que sejam maiores que 1000 µm são apontadas como macro cápsulas (Meiowitz, 2010; AbdManaf et al., 2015).

As microcápsulas, geralmente, consistem em duas componentes principais:

- Ingrediente Ativo, substância que pode estar em estado líquido ou sólido, referindo-se também ao conteúdo do núcleo.
- Cobertura da Parede, revestimento de polímero que envolve os ingredientes ativos que também pode ser designado por casca, membrana, entre outros; pode ser um polímero natural, semissintético ou sintético. (Cheng et al., 2008)

Entre as várias técnicas disponíveis, o processo da microencapsulação é indicado como uma forma economicamente viável para o desenvolvimento de têxteis funcionais. Substâncias líquidas ou até gasosas podem ser encapsuladas, inseridas num têxtil e com o uso da peça, os componentes são libertados gradualmente (Cotrim, 2015)

- **CICLODEXTRINAS**

As ciclodextrinas (CD) pertencem à família dos oligossacarídeos cíclicos e podem formar complexos de inclusão com várias moléculas, diferem entre as α ciclodextrinas, as β ciclodextrinas e as γ ciclodextrinas, de seis, sete e oito moléculas, respetivamente (Figueiredo, 2010).

As propriedades físico-químicas destas moléculas são únicas e têm a capacidade de solubilizar-se em meio aquoso, mas ao mesmo tempo encapsular moléculas hidrofóbicas. Estas são agentes incapsulantes que têm uma estrutura cónica, ou seja, que têm forma de “cestas” (Cunha-Filho e Sá-Barreto, 2007).

As ciclodextrinas atuam em diversas áreas da indústria, alguns exemplos são: farmacêutica, alimentar, cosmética, têxtil, agrícola, química ambiental e química analítica (Figueiredo, 2010).

- **SÍLICA**

Existem nove tipos diferentes de sílica ( $\text{SiO}_2$ ), alguns podem ser usados para a encapsulação, é o caso das sílicas porosas, que com a sua elevada estabilidade química, são regularmente usadas para encapsular óleos essenciais. A sílica conta com várias aplicações devido às suas qualidades, tais como:

- Baixa variação térmica;
- Baixa toxicidade;
- Baixa reatividade química;
- Proteção térmica;
- Resistência mecânica à oxidação;
- Indiferença a desiguais de pH;
- Biocompatibilidade (Parveen, 2015).

Mesmo sendo relativamente recente na indústria têxtil e do vestuário, a microencapsulação é uma técnica eficaz para alcançar um desempenho satisfatório. Até agora, muitos trabalhos de investigação centraram-se nos métodos e processos de microencapsulação e nos seus mecanismos de libertação, no entanto, as propriedades de desempenho dos tecidos e as suas respostas à pele humana são frequentemente negligenciadas.

### 3.3.1 Perspetiva histórica da encapsulação com aplicação têxtil

As microcápsulas têm de ser formuladas para aplicações em têxteis tecidos ou não tecidos, sem alterar substancialmente a sensação ou a cor dos produtos têxteis. Os aditivos de formulação consistem geralmente em ligantes, agentes de reticulação, pigmentos e cargas orgânicas ou inorgânicas e ainda agentes/espessantes de controlo da viscosidade.

Os ligantes desempenham um papel crucial nas formulações de microcápsulas para têxteis, pois são estes que, na sua maioria, determinam a qualidade, durabilidade e número de lavagens possíveis dos materiais têxteis com ingredientes microencapsulados (Podgornik e Starešinič, 2015).

Não só a eficácia, também a durabilidade deve ser de principal preocupação. O maior desafio é a durabilidade das microcápsulas em relação à sua eficácia. Tendo em conta que em algumas utilizações finais, as microcápsulas devem sobreviver a pelo menos 20 ciclos de lavagem, passar a ferro e outros processos a alta temperatura (tais como uso da máquina de secar) sem que isto afete as propriedades de libertação controlada das microcápsulas.

Durante a lavagem, a ação química dos produtos alcalinos, a ação mecânica e a temperatura podem alterar as microcápsulas, mesmo assim, as melhorias no tempo de vida das microcápsulas podem ser conseguidas utilizando sistemas específicos de ligantes ou revestimentos específicos para cada tipo de tecido (Van Parys, 2006).

Podgornik e Starešinič (2015) apresentam algumas das diferentes técnicas que podem ser utilizadas para a aplicação de microcápsulas em produtos têxteis:

- Revestimento;
- Impregnação ou imersão;
- Técnicas de impressão;
- Pulverização na superfície dos têxteis;
- Inclusão de microcápsulas nas fibras têxteis durante o processo de fiação;
- Incorporação em espumas de polímeros.

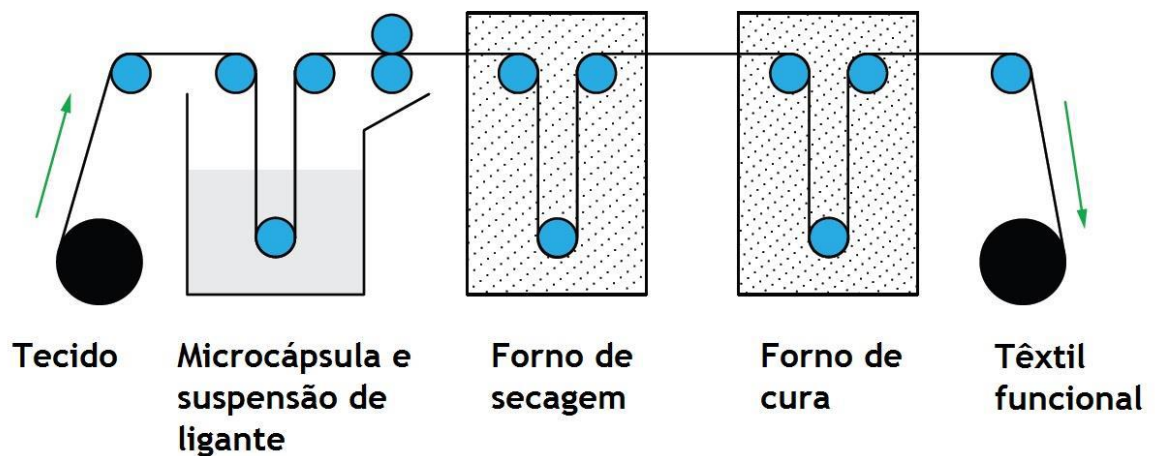


fig. 6 Exemplo de aplicação de microcápsulas num tecido, por impregnação (traduzido de Podgornik e Starešinič, 2015)

Para concluir, Van Parys (2006) comenta que a melhor forma de obter um maior benefício de têxteis tratados com microcápsulas é, naturalmente, lavá-los à mão. Isto minimiza a perda de substâncias ativas durante a lavagem e aumenta o efeito sobre a pele quando o item é usado.

### 3.3.2 Técnicas de microencapsulação

Existem diversas técnicas de microencapsulação, estas devem ser analisadas e, posteriormente, escolher a mais adequada tendo em conta os seguintes fatores:

- Solubilidade do material a encapsular;
- Constituição e permeabilidade da membrana da cápsula;
- Forma, textura e tamanho das partículas pretendidas;
- Modo de libertação pretendido do material a encapsular;
- Método de aplicação e compatibilidade dos componentes (Figueiredo, 2010).

*Tabela 1* Processos de microencapsulação a serem desenvolvidos neste trabalho.

Processos	Breve descrição
Químicos (inclusão molecular/de complexos)	Formação de complexos de inclusão de $\beta$ -Ciclodextrinas, estes consistem em adicionar o material a encapsular (OE) a uma solução que contém o agente das cápsulas ( $\beta$ -CD), a microencapsulação gera-se através de uma reação química. Por norma, este método usa $\beta$ -Ciclodextrinas como matéria exterior e é utilizado para encapsular óleos essenciais, vitaminas, odores, entre outros.
Físicos/mecânicos	O dióxido de silício ( $\text{SiO}_2$ ) utilizado não é tóxico e adsorve facilmente, nos seus poros internos, compostos voláteis e instáveis, como os óleos essenciais. Os métodos de encapsulação de partículas de sílica são de baixo custo, e ambientalmente favoráveis.

### 3.3.3 Métodos de aplicação têxtil

A boa utilização de microencapsulação em materiais têxteis requer que as microcápsulas sobrevivam aos múltiplos ciclos de lavagem e secagem aos quais estão sujeitos. Adicionalmente, o processo de microencapsulação não pode ter um efeito negativo muito grande sobre as propriedades táteis dos têxteis, isto é, o toque e conforto do produto devem permanecer aceitáveis. Para além disso também as microcápsulas devem ter uma performance suficientemente longa, relativamente ao tempo de vida do produto, para que o consumidor fique satisfeito (Meiowitz, 2010).

Entre os inúmeros campos de aplicação possíveis, a microencapsulação oferece muitas oportunidades para melhorar as propriedades dos têxteis ou dar-lhes novas funções, estas incluem materiais de coloração, enzimas, retardantes de fogo, fragrâncias, perfumes, repelentes de insetos, desinfetantes, aditivos cosméticos, PCMs, absorventes de UV, etc (Podgornik e Starešinič, 2015).

Existem várias formas de aplicar microcápsulas em têxteis, destacamos alguns dos mais importantes:

- Esgotamento - A peça têxtil é inserida num banho e mantida em movimento, durante um determinado período de tempo e temperatura. É durante os movimentos que as microcápsulas se conectam ao têxtil, primeiro estas migram até à superfície do substrato, depois ocorre a difusão das microcápsulas para o interior da fibra, e por último, dá-se a fixação, através de ligações covalentes (Melo, 2009).
- Recobrimento - Esta operação cria uma camada de polímeros sobre uma das superfícies do têxtil. Estes variam consoante a fibra em que vão ser aplicados, no entanto, alteram as características dos substratos - toque, rigidez, elasticidade, entre outros - e facultam novas funcionalidades - impermeabilidade, brilho, adição de substâncias funcionais, entre outras (Melo, 2009)
- Impregnação (fig. 6) - É realizada numa máquina, em que o tecido é esticado por rolos e de seguida passa por um banho que contem os complexos de inclusão. Nesta etapa ocorre a adsorção dos últimos pela fibra. A fixação das microcápsulas pode ser feita na mesma máquina ou à parte, numa estufa (Melo, 2009).
- Pulverização - As microcápsulas são pulverizadas na superfície de um tecido/peça de vestuário. Este processo assemelha-se ao recobrimento, porém é aplicado na vertical. É menos dispendioso e mais sustentável (Melo, 2009).
- Estamparia - Há vários métodos de estamparia - serigrafia, impressão têxtil, estamparia por isolamento, por desgaste de fibras, corrosão da cor, entre outros, contudo, a aplicação de microcápsulas através deste método só pode ser aplicada em conjunto com o pigmento, sendo por isso inadequada a alguns dos métodos de estamparia (Laschuk, 2017). Temos como exemplo a impressão digital, onde são usadas impressoras têxteis, com tinteiros que contêm microcápsulas que vão ser projetadas para o tecido em conjunto com a tinta (Costa R. R., 2013).

A componente prática desta dissertação apenas aplica os dois primeiros processos - esgotamento e recobrimento.

### **3.4 Óleos essenciais naturais**

Nos últimos anos, a demanda por têxteis funcionais tem vindo a aumentar. Os componentes ativos derivados da natureza, como os óleos essenciais, têm sido apontados como uma alternativa mais segura para o ser humano e para o meio ambiente, em comparação com agentes sintéticos convencionais (Cotrim, 2015).

*“Os óleos essenciais são compostos voláteis extraídos das plantas por processos de destilação, compressão de cascas e nozes, assim como extração por solventes. Os óleos essenciais têm uma função terapêutica porque, apesar da aparente simplicidade, são constituídos por substâncias naturais poderosas, como antibióticos e antissépticos.” - site oficial d'O Celeiro*

A destilação, como método de produção de óleos essenciais, é conhecida há mais de 2000 anos, surgiu inicialmente no Oriente (Egipto, Índia e Pérsia) e foi melhorada no século IX pelos Árabes (Pombo, 2011).

Os óleos essenciais constituem um importante papel em aplicações comerciais e terapêuticas, não só como conservantes e aromatizantes, mas também, mais recentemente, como agentes antissépticos, antifúngicos, repelentes, entre outros. Têm como principal característica a sua volatilidade e, portanto, são considerados altamente sensíveis, podendo sofrer alterações com a ação da luz, do oxigénio e da temperatura (Lima, 2012).

Lopes (2014), afirma que a identificação dos constituintes dos óleos é indispensável no seu estudo e no das plantas a que pertencem, possibilitando a previsão de alterações que possam vir a ocorrer na sua fase volátil. Após serem retirados da planta é aconselhável utilizar os óleos apenas durante um determinado período de tempo, pois são vários os fatores que os deterioram. O autor ainda acrescenta que, o envelhecimento do óleo essencial altera as suas propriedades originais, o que pode vir a prejudicar o consumidor.

No caso prático abordado nesta dissertação, foi usado um óleo essencial natural de alfazema, da marca portuguesa Blossom Essence.

## **ALFAZEMA**

Os extratos obtidos das folhas de *Lavandula angustifolia* Mill. são utilizados na medicina alternativa para o tratamento de várias doenças inflamatórias.

A Plena Natura apresenta uma lista das várias propriedades terapêuticas do óleo de lavanda:

- Antisséptico;
- Analgésico;
- Anticonvulsivo;
- Antidepressivo;
- Antirreumático;
- Antiespasmódico;
- Anti-inflamatório;

- Antiviral;
- Bactericida;
- Cicatrizante;
- Regenerador;
- Descongestionante;
- Desodorizante;
- Diurético;
- Hipotensor;
- Calmante;
- Sedativo;
- Sudorífico;
- Parasiticida;
- Entre outras.

O óleo de lavanda conhecido pelas suas propriedades calmantes e relaxantes, pode ajudar a aliviar a tensão, depressão, pânico, ansiedade e stress e combater as dores de cabeça e insónias. Devido à sua grande variedade de usos, o óleo de lavanda pode ajudar com quase todo o tipo de doenças, desde dor a infeções.

Não é aconselhável usar óleos essenciais em bebés com menos de 3 meses de idade, porque a pele deles ainda não é madura, sendo mais permeável e sensível aos óleos essenciais.

### 3.4.1 Propriedades antissépticas

Os antissépticos são usados extensivamente em hospitais e outros centros de saúde numa variedade de aplicações tópicas e de outras superfícies. Em particular, eles são uma parte essencial das práticas de controlo de infeção e auxiliam na prevenção de outras infeções (McDonnell e Russell, 2001).

Os óleos microencapsulados atuam como sprays ou cremes, que, segundo estudos, têm um sucesso clínico com taxas bastante elevadas - alívio mínimo de 50% da dor (Costa J. , 2015).



# Capítulo 4

## Desenvolvimento projetual

Um projeto começa por ser planeado e delineado, só assim teremos o caminho certo a percorrer, posteriormente é executado e finalizado.

Muitos foram os autores, que ao longo do tempo desenvolveram estudos acerca da metodologia de projeto, houve um que se destacou mais, pela sua abordagem e simplicidade, e é nesse autor e na sua visão que esta fase projetual se fundou.

*“É por isso bom fazer uma distinção imediata entre o projetista profissional, que tem um método projetual, graças ao qual o seu trabalho é realizado com precisão e segurança, sem perda de tempo; e o projetista romântico que tem uma ideia “genial” e que procurar forçar a técnica a realizar algo de extremamente dificultoso, dispendioso e pouco prático, mas belo.” (Munari, 1981, pág. 21)*

As metodologias são constituídas por várias etapas e cada um tem objetivos específicos, ainda assim, nada impede o designer de delinear outros objetivos a meio do projeto, de modo a otimizar o seu trabalho (Munari, 1981).

O esquema seguinte apresenta a metodologia de projeto definida por Bruno Munari.



fig. 7 Esquema da metodologia projetual definida por Bruno Munari (Munari, 1981)

Tendo como base a metodologia de Munari para esta dissertação, apresenta-se a seguinte tabela que mostra o projeto passo a passo:

Tabela 2 Metodologia projetual da presente dissertação.

Metodologia	Projeto
Problema	10 a 20% da população pediátrica sobre de dermatite atópica e a indústria da moda tem um grande impacto ambiental
Definição do problema	A dermatite atópica acarreta graves problemas para a saúde, não só física, mas também psicológica das crianças  A população não tem noção de como as suas ações diárias podem prejudicar o ambiente e as gerações vindouras
Componentes do problema	Privação de sono, devido ao prurido, que afeta a qualidade de vida da criança e das que a rodeiam  Crescente consumismo
Recolha de dados	Modelos comercializados em Portugal, que abordam a mesma funcionalidade
Análise de dados	Análise das características mais importantes a fim de também serem implementadas e/ou melhoradas neste projeto
Criatividade	Desenhar algumas peças, sustentáveis que ajudem a melhorar a qualidade de vida
Materiais/Tecnologia	Materiais: Malha para testes: 100% algodão orgânico e malha final: 100% algodão orgânico;  Microcápsulas ( $\beta$ -ciclodextrinas e sílica) e óleos essenciais naturais;  Tecnologia: microencapsulação; malharia retilínea; recobrimento; esgotamento.
Experimentação	Testes iniciais de encapsulação;  Processos de microencapsulação e de aplicação no substrato têxtil;  Controlo de qualidade subjetivo.
Modelo	Produção de protótipos, abrangendo as várias idades afetadas, e aplicação das microcápsulas com óleos essenciais naturais nos mesmos.
Verificação	Opinião exterior
Desenho Construtivo	Produção dos protótipos para apresentação
Solução	Projeto sustentável para a produção de roupa infantil com microcápsulas atuantes na dermatite atópica pediátrica

## 4.1 Materiais e métodos

A componente experimental deste trabalho de investigação teve seguimento com base no esquema seguinte:

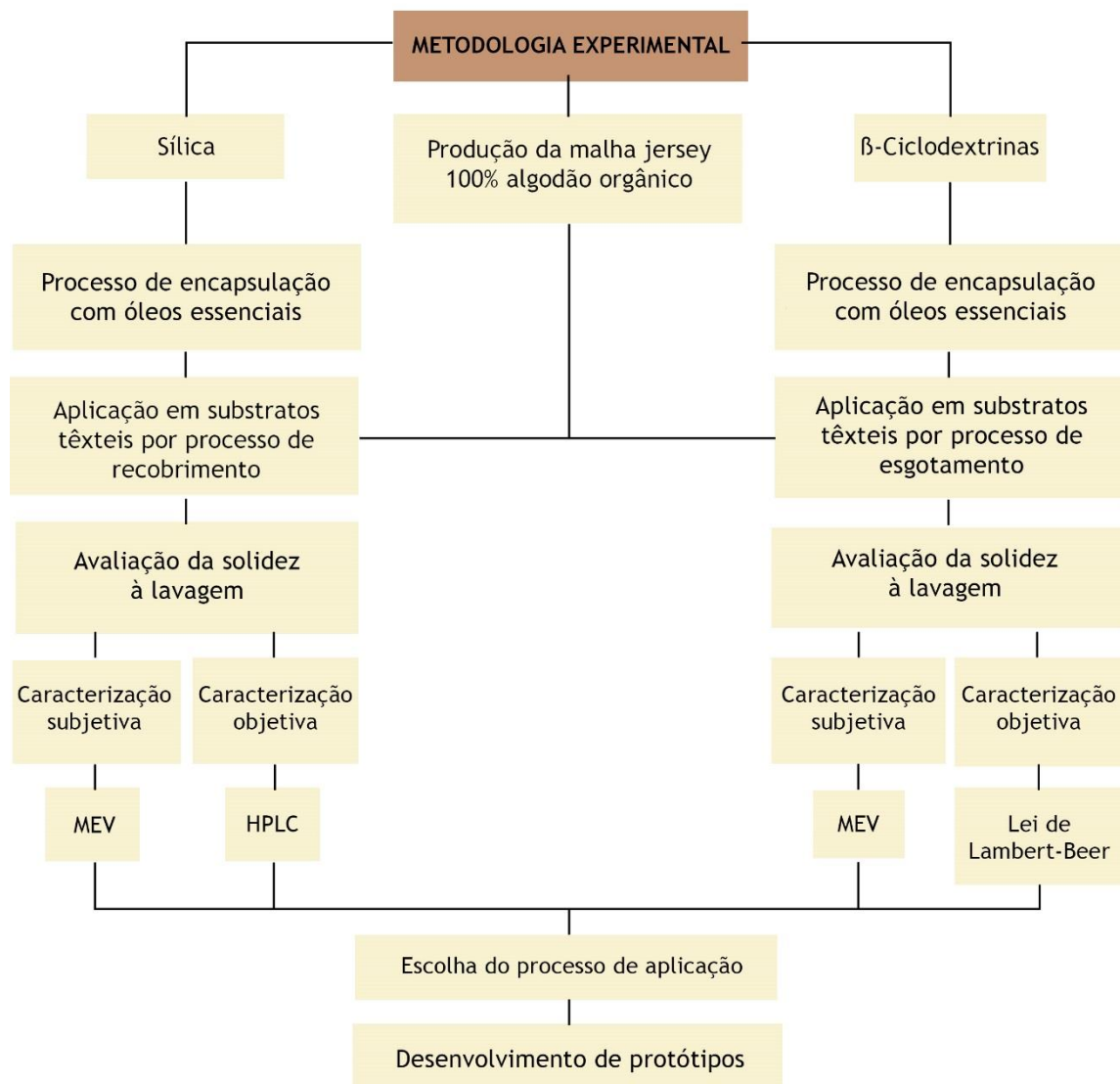


fig. 8 Esquema da componente experimental

#### 4.1.1 Caracterização dos substratos têxteis

O fio, com uma composição 100% algodão orgânico de cor natural, da empresa Tearfil, com um título de 20 Tex (1/50 Nm) tendo, posteriormente, sido retorcido a dois cabos no retorcedor da Mecano-Textil modelo RT.

A malha jersey utilizada nos testes laboratoriais foi tricotada na oficina de malhas do Departamento de Ciência e Tecnologia Têxteis, no tear circular Jacquard marca Vanguard que possui as seguintes características:

Tabela 3 Características do tear onde foi feita a malha jersey (A autora)

Características do tear de malha circular Jacquard Vanguard	
Gênero	Tear circular Jacquard
Marca	Vanguard Supreme
Tipo	Circular monocilíndrico
Jogo (Inglês)	16
Alimentação	Negativa
Tipo de agulhas	Lingueta - dois talões
Nº Total de agulhas	1108
Nº Total de platinas	1 por agulha - 1108
Nº Cabeças fixas	50
Nº Guia-fios	50

A malha jersey produzida apresenta as seguintes características:

Tabela 4 Características da malha jersey produzida para testes (A autora)

Caracterização da malha	
Composição	100% algodão orgânico
Título do fio	40 Tex - 2/50 Nm
Densidade de fileiras (fileiras/cm)	16
Densidade de colunas (colunas/cm)	10
Densidade de pontos / cm	160
Comprimento da laçada ( $l_u$ )	0,34
Grau de aperto (k)	18,2
Massa ( $g/m^2$ )	200
Estrutura	Jersey

#### 4.1.2 Sílica

Os óleos essenciais foram encapsulados através do método de adsorção por microcápsulas de sílica porosa, fornecida pela empresa Sigma Aldrich, as quais possuem as seguintes características.

Tabela 5 Características da sílica (A autora)

Caracterização da sílica	
Fórmula química	SiO <sub>2</sub>
Massa molecular	60,08 g/mol
Tipo	Apresentação em Pó
Tamanho	0.007 µm
Área superficial	395 m <sup>2</sup> /g±25 m <sup>2</sup> /g



fig. 9 Visualização das microcápsulas de sílica usada neste trabalho de investigação (A autora)

#### 4.1.3 β-Ciclodextrina

As microcápsulas de β-ciclodextrina utilizadas, também fornecidas pela empresa Sigma Aldrich, apresentam as seguintes propriedades:

Tabela 6 Características das β-ciclodextrinas (A autora)

Caracterização das β-ciclodextrinas	
Fórmula química	C <sub>42</sub> H <sub>70</sub> O <sub>35</sub>
Massa molecular	1134,98 g/mol
Tipo	Pó
Tamanho	Aglomerados



fig. 10 Visualização das  $\beta$ -ciclodextrinas usadas nas experiências (A autora)

#### 4.1.4 Óleo essencial

O óleo essencial natural de alfazema é o componente a ser encapsulado, foi gentilmente cedido, pela empresa Blossom Essence. Estas são algumas características:

- Produtor: Blossom Essence
- Nome Científico: *Lavandula augustifolia* Mill.
- Método de extração: Hidrodestilação
- Componentes específicos: Anexo 1



fig. 11 Óleos essenciais com poderes antibióticos e antissépticos (A autora)

## 4.2 Processos de microencapsulação

### 4.2.1 Microencapsulação de óleos essenciais por adsorção em sílica porosa

Dissolveu-se 1ml de OE em etanol e misturou-se, diretamente com 1g de sílica dispersa em etanol. Esta mistura foi submetida a uma forte agitação em banho de ultrassons de modo a que a sua fase sólida (a sílica porosa em pó), estivesse o mais dispersa possível na fase etílica, na qual estariam dissolvidos os OE, com radicais de maior afinidade com a sílica do que o etanol.

Efetuaram-se dois ensaios com etanol (5 e 10 ml), para se apurar se o grau de dispersão da sílica poderia ter alguma influência, tendo-se obtido os seguintes resultados finais:

Tabela 7 Quantidades usadas em cada amostra e respetivo resultado final (A autora)

	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3
Massa de sílica (g)	1	1	1
Volume de óleo (mL)	1	1	1
Volume de etanol (mL)	0	5	10
Resultado	Não se misturou.	Formação de pó de cor amarelada, mas com agregados.	Formação de pó de cor amarelada.

O fluxograma (fig. 12), que se encontra na página seguinte, apresenta as condições experimentais que foram realizadas durante este processo.

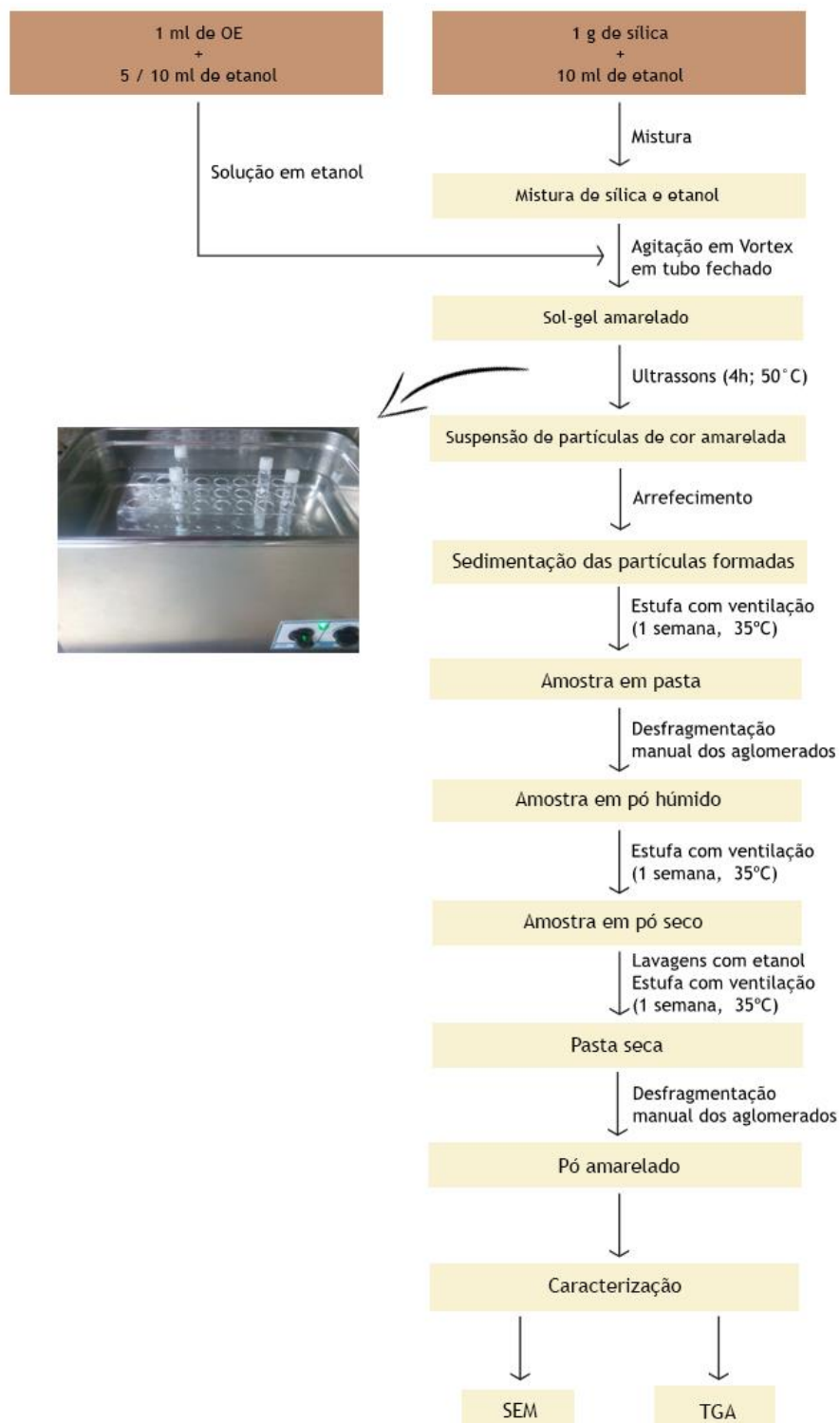


fig. 12 Fluxograma relativo à preparação das amostras de sílica (A autora)

#### 4.2.2 Microencapsulação de óleos essenciais em $\beta$ -ciclodextrinas

Para melhorar o processo de microencapsulação, realizou-se um teste preliminar. Uma mistura de 100 ml água destilada e 100 ml etanol (99,9% puro) foi o solvente utilizado.

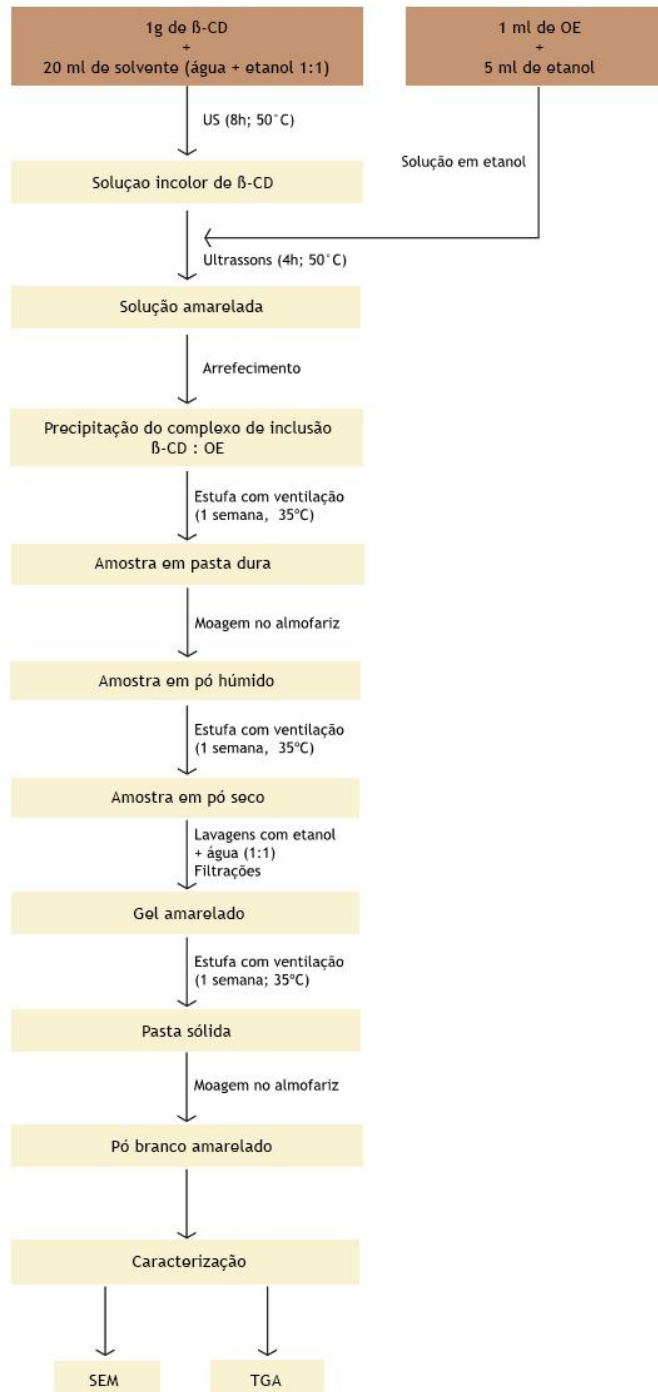


fig. 13 Fluxograma relativo à experiência com  $\beta$ -ciclodextrinas (A autora)

O resultado final obtido encontra-se resumido tabela abaixo, sendo que a primeira amostra - mistura física, foi apenas preparada para a termogravimetria.

*Tabela 8* Experiências preliminares com  $\beta$ -ciclodextrinas (A autora)

	Amostra 1	Amostra 2
Massa de $\beta$ -ciclodextrinas	1	1
Volume de OE (mL)	1	1
Volume de solvente (mL)	0	20
Resultado	Obteve-se uma mistura.	Obteve-se um pó de cor branca-amarelada.

#### 4.2.3 Validação dos processos de microencapsulação

Foi necessário recorrer a métodos de caracterização dos materiais obtidos, que pudessem confirmar a autenticidade das experiências feitas, pois era indetetável a olho nu, se a microencapsulação resultara ou não.

- **TERMOGRAVIMETRIA - TGA**

Para esta técnica de caracterização, a amostra foi usada em pó. Com o auxílio de uma micro espátula e com um máximo de 0,8 mg retiraram-se amostras de  $\beta$ -ciclodextrinas e sílica, para o cadinho (acessório onde se colocam as amostras), e inseriu-se no sistema de termogravimetria (figura 15 - modelo TGA Q50, da marca TA).



*fig. 14* Sistema TGA (A autora)

Inicialmente, foi efetuado um teste apenas com óleos essenciais, que, como referido anteriormente, são altamente voláteis e, portanto, observou-se a perda total de massa aos 108°C.

De seguida, analisámos a caracterização das cápsulas de sílica e identificámos que os resultados eram inconclusivos. A temperatura a que as amostras foram submetidas não foi suficiente para a deterioração completa das mesmas, conseqüentemente não existiu qualquer libertação de óleos essenciais.

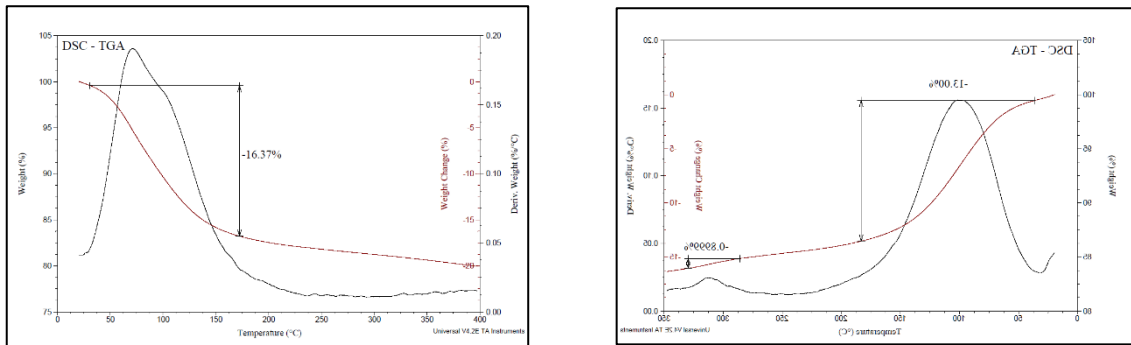


fig. 15 Gráfico de TGA relativo à sílica + OE, com 5 ml de etanol (à esquerda) e com 10 mL de etanol (à direita) (A autora)

Relativamente às  $\beta$ -ciclodextrinas, primeiro analisaram-se as cápsulas puras, ou seja, antes de qualquer encapsulação.

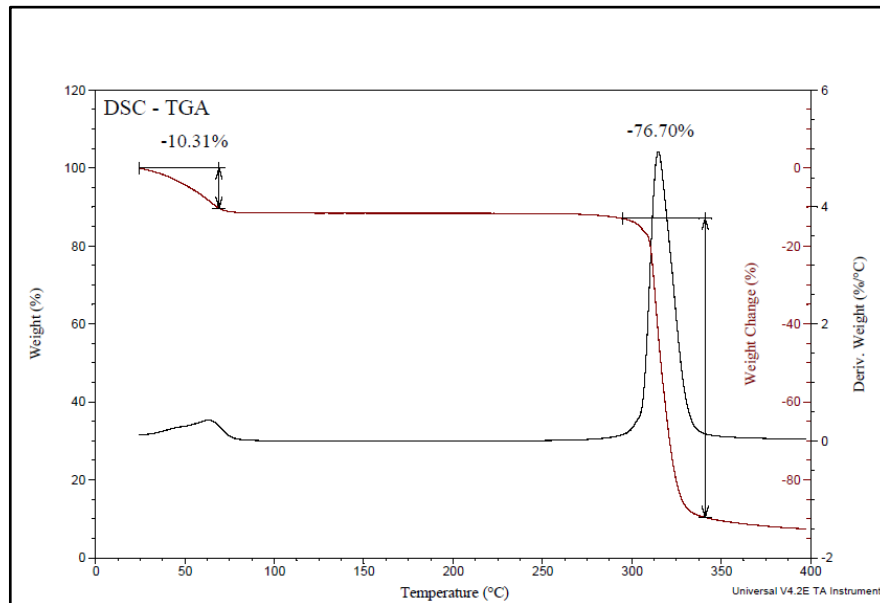


fig. 16 Gráfico de TGA relativo às  $\beta$ -CD puras (A autora)

O termograma das  $\beta$ -ciclodextrinas puras apresenta duas fases de decomposição, sendo a primeira por volta dos 65 °C, sendo esta correspondente a uma perda de 10,3% de massa, referente à libertação de água. Burgos et al. (2012), diz-nos que a evaporação da água que se encontra entre as moléculas desta matéria ocorre entre os 30 °C e 130 °C. A segunda fase da decomposição, ocorre perto dos 320 °C, onde se pode observar uma curva acentuada, correspondente a 76,7% de massa perdida.

Por falta de estabilidade térmica, nos perfis de TG e DTG dos complexos de inclusão compostos por  $\beta$ -CD + OE, pode ver-se que a linha começa a curvar por volta dos 25°C (Cotrim, 2015).

Assim, em relação aos complexos de inclusão, pode observar-se um desaparecimento de massa correspondente aos OE acumulados nas zonas apolares das ciclodextrinas, que vão evaporando conforme o aumento da temperatura. É por volta dos 320 °C que ocorre a perda de massa (77%), correspondente à decomposição da matéria incapsulante, como se pode observar no gráfico abaixo.

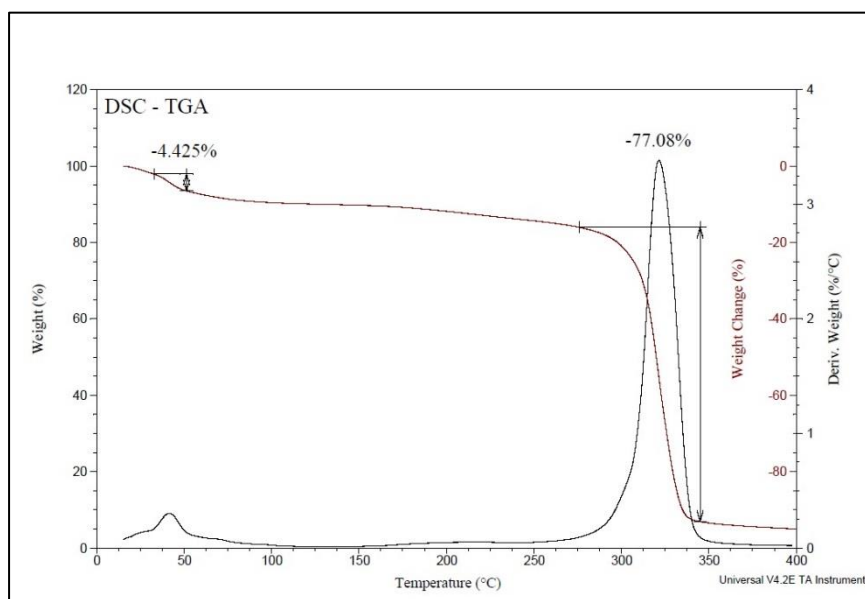
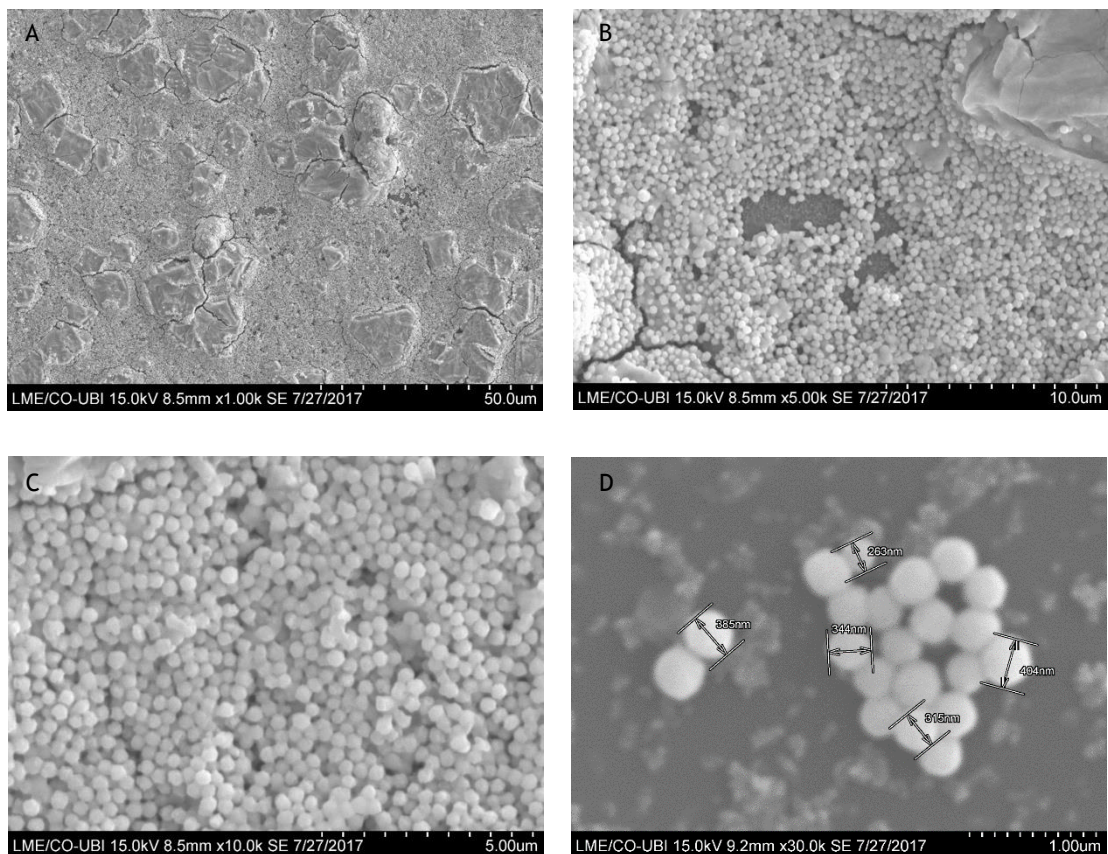


fig. 17 Gráfico de TGA relativo aos complexos de inclusão compostos por  $\beta$ -CD com OE (A autora)

Relativamente à mistura física de  $\beta$ -CD + OE, conclui-se que a microencapsulação não ocorreu. Pudemos observar a evidente perda de massa dos óleos essenciais, por volta dos 100 °C e, posteriormente, aos 320 °C, observou-se a degradação térmica das  $\beta$ -ciclodextrinas, como já seria de esperar numa mistura física de 1:1.

- **MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE VARRIMENTO (MEV)**

Para esta caracterização, as amostras passaram por uma preparação prévia. Em primeiro lugar, as partículas foram dispersas em 5 ml de água destilada e em seguida colou-se uma fração de cada amostra numa lamela redonda, posteriormente colada no porta-amostras de carbono e metalizada no metalizador de ouro - Quorum Q150R ES. Foram obtidas as seguintes imagens pelo Microscópio Eletrónico de Varrimento S-3400N, Hitachi.



*fig. 18* Imagens das sílicas + OE (preparadas com 10 mL de solvente) obtidas por MEV, com diferentes ampliações. A: 1000x; B: 5000x; C: 10000x; D:30000x. (A autora)

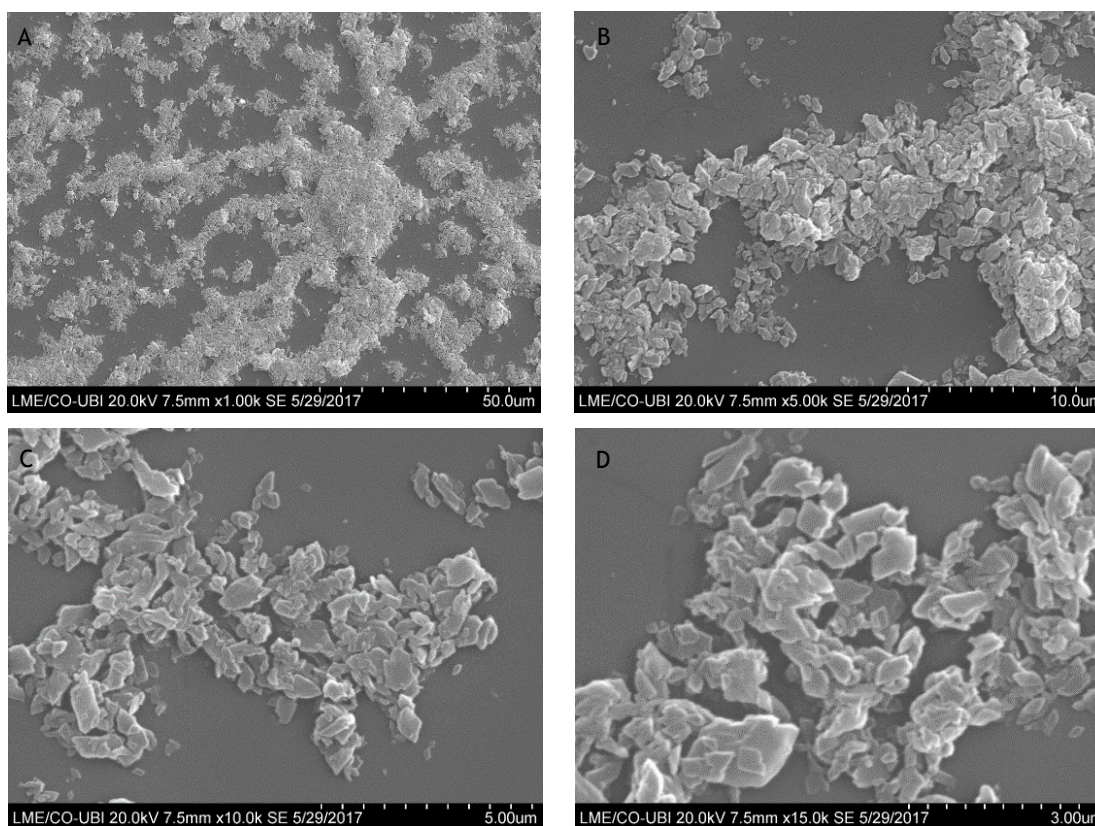


fig. 19 Imagens das  $\beta$ -CD + OE obtidas por MEV, com diferentes ampliações. A: 1000x; B: 5000x; C: 10000x; D: 15000x. (A autora)

Resumo das observações das imagens anteriores (tabela 9):

Tabela 9 Conclusão e comparação das imagens obtidas por TGA e MEV (A autora)

	TGA	MEV
Sílica	Inconclusivo em relação ao encapsulamento dos OE.	Mostra a formação de cápsulas uniformes com dimensões entre os 250 e os 400 nm, aproximadamente.
$\beta$ -CD	Comprova a formação do complexo de inclusão com cerca de 10-15% de OE encapsulados.	Mostra clusters e misturas de granulometria muito heterogênea de tamanho micro e nano.

Após a aprovação das técnicas de microencapsulação adotadas, preparou-se 40g de microcápsulas tanto em sílica, como em  $\beta$ -ciclodextrinas, para, posteriormente, serem aplicadas no substrato têxtil - algodão orgânico.

## 4.3 Processos de aplicação das microcápsulas no substrato têxtil

Como referido no ponto 3.3.3 do capítulo anterior, foram implementados dois processos de aplicação de microcápsulas no substrato têxtil, estes variam consoante a tipologia das microcápsulas. Tendo em conta as propriedades físicas e químicas destas optámos pelo processo de recobrimento para as microcápsulas de sílica, no qual foi utilizado um agente reticulante (resina) para as fixar na superfície da estrutura têxtil. No caso das  $\beta$ -ciclodextrinas, sabendo que estas criam ligações covalentes com as fibras de algodão, o processo de aplicação utilizado foi o processo por esgotamento.

### 4.3.1 Aplicação de microcápsulas de sílica com óleos essenciais no substrato têxtil

Na tabela 10 pode observar-se todo o processo de aplicação das microcápsulas de sílica com OE no substrato têxtil.

Tabela 10 Descrição do processo de recobrimento (A autora)

Componentes utilizados na pasta de recobrimento:
<ul style="list-style-type: none"><li>• 7,49g de microcápsulas de sílica;</li><li>• 85g de Appretan N92111 Líquido, Clariant Lta. - Resina;</li><li>• 10,2g de Appretan Thickner 2710, Clariant Lta. - Espessante;</li><li>• 22,98g de água destilada</li></ul>
Material usado:
<ul style="list-style-type: none"><li>• 12 amostras de malha jersey com uma dimensão de 20 cm x 20 cm;</li><li>• Material de laboratório;</li><li>• Balança digital Precisa 600 C;</li><li>• Agitador mecânico Techmatic S2 C60-500; 240-2000;</li><li>• Placa de aquecimento Labinco L32;</li><li>• Aparelho de revestimento laboratorial Mathis, Werner Mathis AG.</li></ul>
Procedimento:
<ul style="list-style-type: none"><li>• Pesaram-se todos os componentes na balança digital, para um copo;</li><li>• Misturou-se bem com o auxílio de um agitador mecânico;</li><li>• Fixou-se a malha no aparelho de revestimento e, com auxílio da racla, fez-se o revestimento das doze amostras: 4 com 1 passagem; 4 com 2 passagens e 4 com 3 passagens;</li><li>• A cada passagem secaram-se as amostras na termofixadora - 115°C, durante 3 minutos;</li><li>• Procedeu-se à fixação das microcápsulas na termofixadora - 150°C durante 3 minutos.</li></ul>

### 4.3.2 Aplicação de microcápsulas de $\beta$ -ciclodextrinas com óleos essenciais no substrato têxtil

O processo de aplicação das microcápsulas de  $\beta$ -Ciclodextrinas com OE no substrato têxtil encontra-se resumido na tabela 11.

Tabela 11 Descrição do processo de esgotamento (A autora)

Reagentes utilizados no banho de esgotamento:
<ul style="list-style-type: none"><li>• 60 g/L de ácido cítrico monohidratado <math>C_6H_8O_7 \cdot H_2O</math>, Merk - Reticulante;</li><li>• 30 g/L hipofosfito de sódio 98% dihidrogenado, José M. G. Santos, Lda. - Catalisador;</li><li>• 100 g/L preparado de microcápsulas de <math>\beta</math>-ciclodextrinas com OE</li><li>• 250 ml água destilada.</li></ul>
Material usado:
<ul style="list-style-type: none"><li>• 5 amostras de malha jersey com uma dimensão de 20 cm x 10 cm;</li><li>• Material de laboratório;</li><li>• Balança digital Precisa, 600 C.;</li><li>• Rémula e termofixadora grande, Mathis 3D-10492 Werner Mathis AG;</li><li>• Placa de aquecimento Labinco L32.</li></ul>
Procedimento:
<ul style="list-style-type: none"><li>• Pesaram-se os componentes na balança digital;</li><li>• Transferiram-se para um balão volumétrico, de 250 ml;</li><li>• Aferiu-se o balão com água destilada;</li><li>• Verteu-se o preparado para um recipiente;</li><li>• Submergiram-se as amostras individualmente no banho, durante 30 minutos, mexendo regularmente;</li><li>• Secaram-se as amostras na termofixadora durante 15 minutos a uma temperatura de 110°C;</li><li>• Fixaram-se as amostras na termofixadora, durante 7 minutos a 160° C,</li><li>• Lavaram-se as amostras, para remover as <math>\beta</math>-ciclodextrinas que não se conectaram ao algodão, imergindo-as em água destilada previamente aquecida a 50° C, durante 30 minutos</li></ul>

## 4.4. Caracterização conceptual e desenvolvimento de peças de vestuário infantil

Voltando à temática da metodologia projetual, também um projeto de moda segue uma linha de raciocínio e desenvolvimento. Inicialmente, definiu-se o conceito que se pretende desenvolver, constituído por três fatores importantes: inspiração, contemporaneidade - tendências atuais - e estética (cor, silhuetas, estilo, entre outros).

Depois de realizadas as pesquisas de tendência, elaborou-se os esboços e croquis, definiu-se a modelagem e, de seguida, avançou-se para a prototipagem inicial das peças, posteriormente foram avaliadas algumas componentes importantes para o vestuário infantil, como a elasticidade, respirabilidade, conforto, ergonomia, entre outras.

### 4.4.1 Inspiração e conceito

Como referido anteriormente, o conceito final baseia-se no vestuário funcional sustentável para crianças que sofrem de dermatite atópica.

Dadas as características da doença em questão e focando-nos apenas na dermatite atópica infantil, sabemos que as idades se compreendem entre os 3 meses e os 5 anos de idade, sendo este o grupo mais afetado pela patologia e que requer mais atenção e cuidados. Optámos pelo desenvolvimento de algumas peças de vestuário infantil, que abranjam as diversas idades - bebés e crianças até aos 5 anos de idade.

Após a definição do conceito, elaborou-se um painel ambiente, que resumidamente abrange todos os pontos a desenvolver neste projeto.



fig. 20 Painel Ambiente (pela autora)

#### 4.4.2 Design sustentável

Voltando ao capítulo 2 desta dissertação, sabemos que o design sustentável deve considerar todo o ciclo de vida de um produto, desde a escolha da matéria prima até ao seu fim de vida. Tendo sempre em atenção cada etapa e o avanço entre elas, estes são alguns dos elementos considerados na elaboração deste projeto:

- **GESTÃO DE RESÍDUOS** - Quando se pensa na matéria prima que vamos usar há que considerar o fim de vida do produto, para que seja possível gerir os resíduos da forma mais sustentável possível. Se uma peça for inteiramente feita de uma só fibra, como 100% algodão, mais fácil é o processo de reciclagem no fim de vida do artigo.
- **CRIAR EMOÇÕES ENTRE O USUÁRIO E A PEÇA** - Desenvolver uma peça que não só crie expectativas, bem como as satisfaça, um consumidor feliz é sinónimo de missão cumprida.
- **RESPONSABILIDADE SOCIAL** - Este fator, apesar de ser dos tópicos menos falados é talvez dos mais importantes para a sustentabilidade. No desenvolvimento de uma peça de vestuário sustentável pensa-se no bem-estar do consumidor e do meio ambiente, mas também se deve pensar nos colaboradores das diversas etapas de vida do produto, nas suas condições de saúde e trabalho e ordenados justos.
- **REDUZIR DESPERDÍCIOS** - Esta componente começa principalmente na modelagem das peças, fazer e colocar moldes de modo a criar menos desperdícios possíveis. No entanto existem sempre desperdícios, como a malha deste projeto é só e apenas de uma fibra é possível proceder-se à reciclagem da matéria prima. Atualmente, começam a surgir cada vez mais fábricas de reciclagem de desperdícios. Na Covilhã, por exemplo, existe a J Gomes Lda, que recicla vários tipos de desperdícios, os de fibra única são reciclados e criados novos fios, os que contêm misturas de fibras são triturados e transformados em enchimento para o setor automóvel.
- **DURABILIDADE DA PEÇA** - Uma vez que as microcápsulas já não contêm óleo no seu núcleo e que já não oferecem a funcionalidade pretendida ao consumidor, é possível submeter a peça à aplicação de novas microcápsulas. Não se consegue definir ao certo a durabilidade da peça, visto que esta depende de outros fatores (cuidados a ter com lavagem e secagem das peças, por exemplo).
- **PAPEL DO USUÁRIO** - Com base nos nossos testes, prevê-se que a microencapsulação tenha uma duração aproximada de 15 lavagens. É crucial que manutenção da peça seja feita conforme o indicado - lavagem a mão, com detergentes preferencialmente amigos

do ambiente, e ainda se aconselha o consumidor a que a peça seja usada, pelo menos, três vezes antes de cada lavagem, visto que as lavagens diminuem a quantidade de microcápsulas, para além de aumentarem a poluição.

- **AUMENTAR O TEMPO DE VIDA ÚTIL DA PEÇA** - As peças de vestuário infantil, embora sem microcápsulas, continuam a exercer o seu papel de peça de roupa, no entanto deixam de servir muito rapidamente ao seu utilizador, visto que o crescimento do mesmo é constante. No entanto, se a peça estiver em bom estado, o usuário pode devolver a peça à empresa, e por um montante simbólico esta pode ser submetida novamente à aplicação de microcápsulas e entregue a outras crianças que sofram de dermatite atópica, mas que não tenham poder financeiro para usufruir deste produto.

#### 4.4.3 Público-alvo

Este produto é direcionado a crianças de ambos os géneros, com idades compreendidas entre os 3 meses e os 5 anos de idade, que sofram de dermatite atópica. Diminuir todos os aspetos sintomáticos desta doença, como o prurido, a vermelhidão, o inchaço e outros, indica melhorar a qualidade de vida e até de sono destas crianças.

Contudo, segundo a opinião de vários dermatologistas, a dermatite atópica não melhora com um só tratamento, mas sim com um conjunto de diferentes tratamentos, ou seja, mesmo que esta peça atinja o seu objetivo funcional, nenhuma outra terapia deve ser descartada.

Devido ao acréscimo de custo induzido pela tecnologia agregada, o custo final da peça pode ser consideravelmente mais alto em relação ao mesmo produto sem valor funcional, e por consequência, poderá não satisfazer monetariamente todas as classes sociais.

#### 4.4.4 Cores

As cores das coleções de moda são seleccionadas conforme as tendências da estação - Primavera/Verão ou Outono/Inverno. Neste caso específico e como conceito do projeto, optámos pela cor natural e por tingimentos naturais.

Geralmente, as cores são escolhidas segundo três fatores:

- **TENDÊNCIA** - Renegando o poder que os ciclos de moda e o fast fashion têm sobre o consumidor, optamos por elaborar peças intemporais, os tão chamados básicos, que, mesmo com a variação de tendências, mantêm-se sempre no mercado.
- **SIMBOLOGIA** - Natural - conforto, suavidade e sutileza; verde claro - leveza, calma e tranquilidade; verde folhagem - saúde, crescimento e equilíbrio; azul - paciência, paz e água; amarelo claro - solarengo, suavidade e felicidade. Todas as cores escolhidas associam-se ao ambiente e à sustentabilidade, transmitem harmonia, equilíbrio e tranquilidade.
- **ALGODÃO ORGÂNICO NATURALMENTE TINTO** - Os corantes naturais são derivados de recursos naturais e, dependendo da sua origem, são classificados como corantes vegetais, animais, minerais e microbianos, as plantas são a principal fonte de corantes naturais. Estes corantes são considerados ecológicos, porque são obtidos a partir de recursos renováveis, em comparação com os corantes sintéticos derivados de recursos petrolíferos não renováveis. Estes são biodegradáveis e a matéria residual deixada após a extração de corantes pode ser facilmente transformada em composto e usada como fertilizante. Produzem cores suaves, em harmonia com a natureza (Saxena e Raja, 2014).

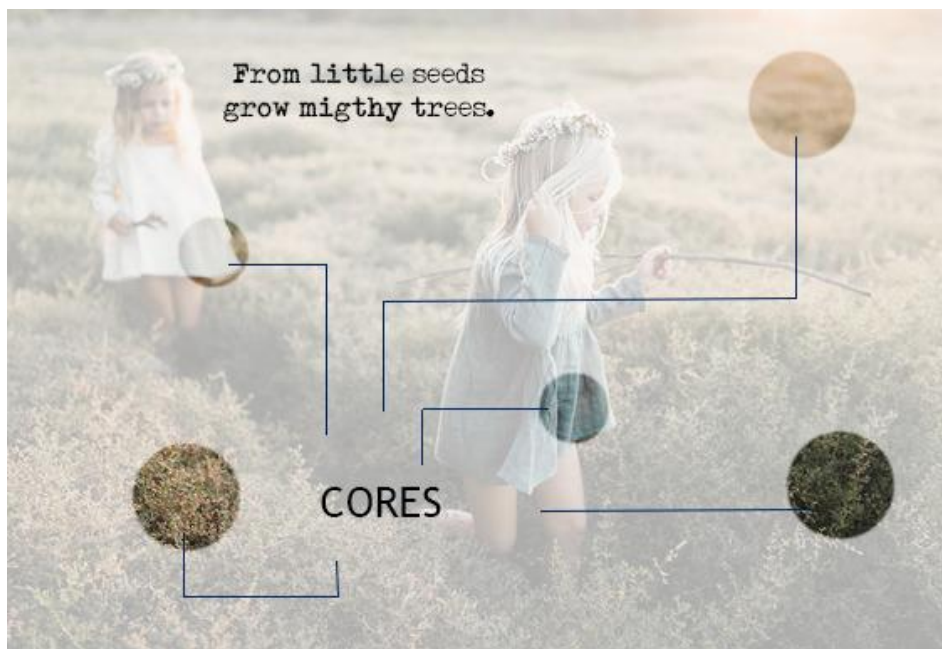


fig. 21 Painel de cores (pela autora)

#### 4.4.5 Necessidades

A estética e a ergonomia não podem ser descuradas, no que toca ao desenvolvimento de uma peça funcional para o público infantil.

Com base na análise comparativa efetuada no ponto 3.1, foram definidas as necessidades que a que o vestuário infantil deve responder:

- **CONFORTO** - É proporcionado essencialmente pela matéria-prima usada e pela modelagem da peça, que assenta no corpo devidamente;
- **ELASTICIDADE** - Malha flexível, modelagem das peças com atenção ao movimento do consumidor;
- **DESEMPENHO** - É concedido pelos detalhes gerais das peças, contudo a microencapsulação dos óleos essenciais concede um valor acrescentado a este parâmetro;
- **RESPIRABILIDADE** - Uma das principais qualidades do algodão é a sua respirabilidade, ou seja, a malha no geral concede esta facilidade.

#### 4.4.6 Flats

Os *flats* das peças produzidas podem ser analisados na figura 20.

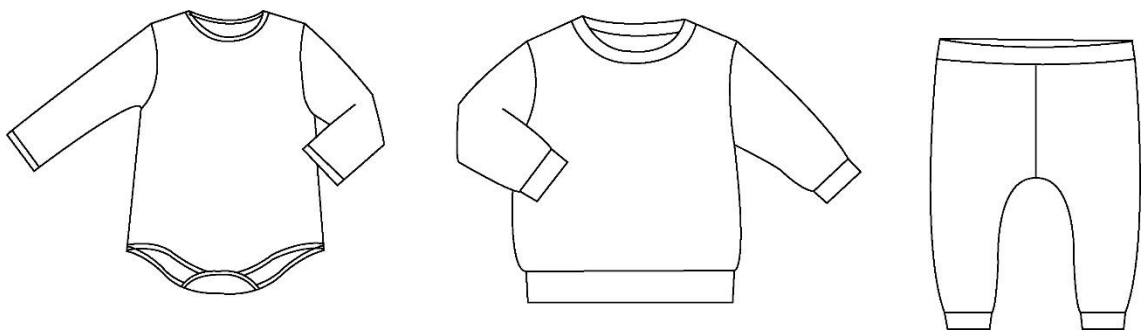


fig. 22 Babygrow, camisola e calças (A autora)

### 4.5 Peça final

Os protótipos das peças finais foram desenvolvidos e confeccionados pela autora, no ateliê da empresa onde trabalha - Náz, direcionada para o mercado sustentável, a nível nacional e internacional.



fig. 23 Fotografias dos protótipos desenvolvidos: babygrow, camisola e calças (A autora)

#### 4.5.1 Especificações técnicas

Neste caso específico, como foi tudo desenvolvido e confeccionado pela autora, não se elaborou ficha técnica e, portanto, avançou-se de imediato para a produção das peças.

#### 4.5.2 Aplicação das microcápsulas nas peças

Para a microencapsulação da peça final foi usada a técnica de esgotamento com as microcápsulas de  $\beta$ -ciclodextrinas, devido aos seguintes motivos:

- A sílica implica o uso de químicos para a formação de uma pasta de recobrimento e prejudica a separação das matérias-primas, no final de vida da peça, comprometendo desta forma a sustentabilidade da peça;
- O recobrimento pela sílica compromete a elasticidade da peça e aumenta a sua dureza, ou seja, torna-se desconfortável para quem tem dermatite atópica;
- Embora com uma diferença não muito pronunciada, aparentemente, o processo de esgotamento assegura uma maior presença nas amostras mesmo após terem sido submetidos a 15 ciclos de lavagem.

Posteriormente, as amostras de malha foram submetidas a um teste de solidez à lavagem, no Linitest, de acordo com o estipulado na norma NP EN ISO 105-C06:1999, para definirmos quantas lavagens poderiam ser efetuadas até as microcápsulas desaparecem na totalidade.

# Capítulo 5

## Análise e Interpretação de Resultados

### 5.1 Caracterização subjetiva das malhas tratadas com cápsulas

Neste subcapítulo, vamos poder constatar a existência de microcápsulas no substrato têxtil e analisar a solidez à lavagem de todas as amostras efetuadas em fase experimental.

Antes e depois dos diferentes processos de microencapsulação e dos variados ciclos de lavagem efetuados, a caracterização subjetiva das malhas foi feita através de micrografias de MEV, com diferentes ampliações.

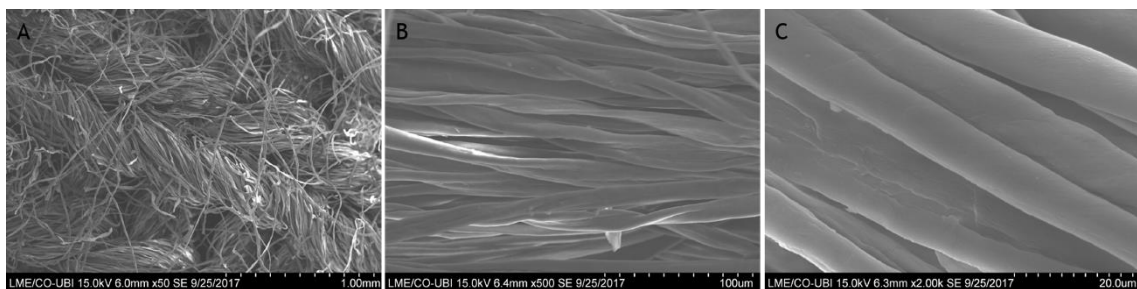
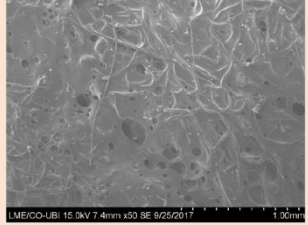
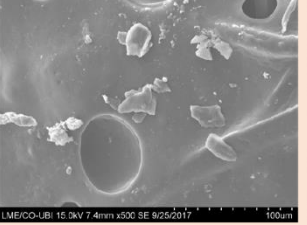
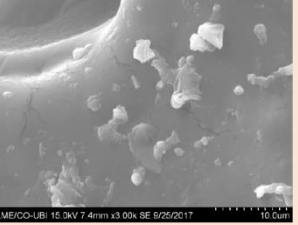
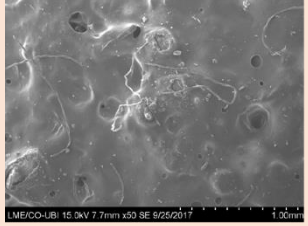

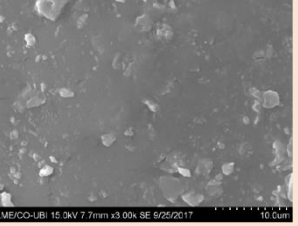
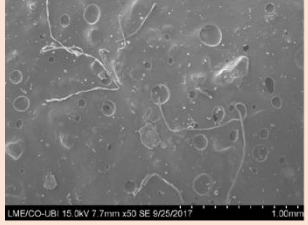
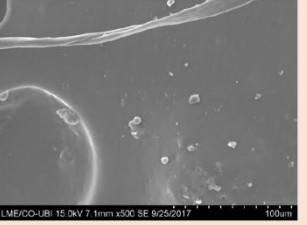
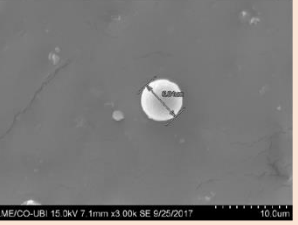
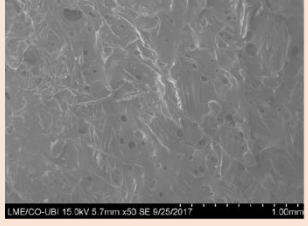
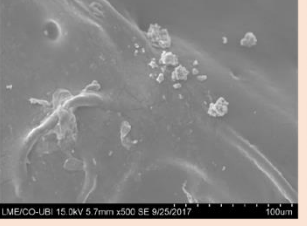
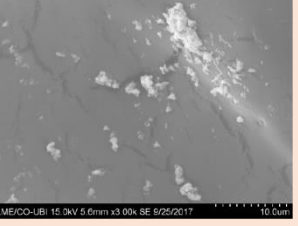
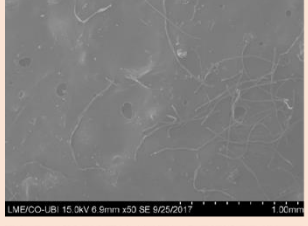

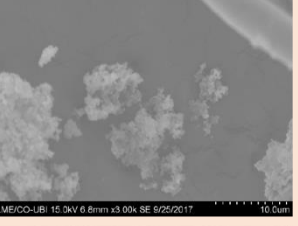
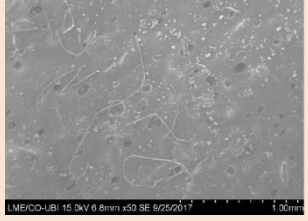
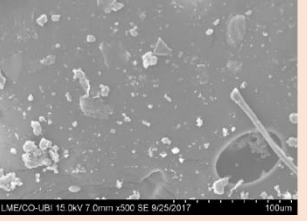



fig. 24 Imagens da malha 100% algodão orgânico, com diferentes ampliações - A: 50x; B: 500x; C: 2000x (A autora)

#### 5.1.1 Microscopia eletrônica de varrimento (MEV) da malha com recobrimento de cápsulas de sílica com óleos essenciais

Amostras de malha recobertas com microcápsulas de sílica com óleos essenciais naturais - com 1, 2, e 3 passagens de recobrimento - e submetidas a diferentes ciclos de lavagem: 1 e 15 ciclos - foram observadas ao microscópio eletrônico de varrimento a fim de podermos aferir da presença e da quantidade dessas microcápsulas. As micrografias foram obtidas com diferentes ampliações - 50x, 500x e 3000x vezes, e estão apresentadas na tabela 12.

*Tabela 12* Imagens obtidas por MEV - malha com cápsulas de sílica e óleos essenciais, com diferentes passagens de recobrimento e diferentes ciclos de lavagem (A autora)

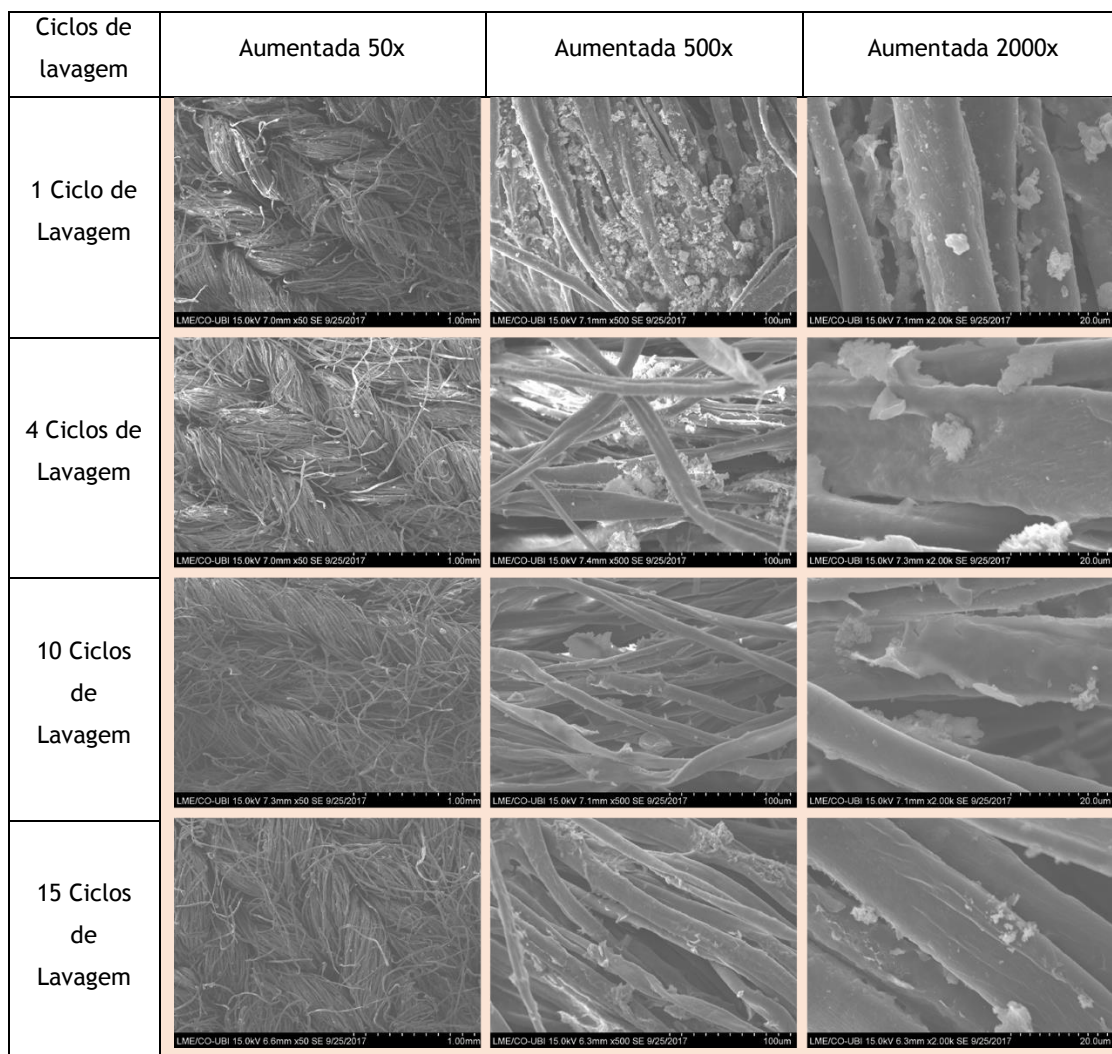
Número de passagens Ciclos de lavagem	Aumentada 50x	Aumentada 500x	Aumentada 3000x
1 passagem de recobrimento e 1 ciclo de lavagem			
2 passagens de recobrimento e 1 ciclo de lavagem			
3 passagens de recobrimento e 1 ciclo de lavagem			
1 passagem de recobrimento e 15 ciclos de lavagem			
2 passagens de recobrimento e 15 ciclos de lavagem			
3 passagens de recobrimento e 15 ciclos de lavagem			

À partida podemos constatar a presença de microcápsulas em todas as amostras, podemos também observar que ainda existe uma considerável quantidade de microcápsulas mesmo após 15 ciclos de lavagem nas amostras com 1, 2 e 3 passagens de recobrimento. Tendo em conta que, a amostra com 3 passagens contém mais microcápsulas, que existe maior quantidade de resina (reticulante) e conseqüentemente uma maior solidez à lavagem, é compreensível que, aparentemente, as microcápsulas persistam na amostra mesmo depois de 15 ciclos de lavagem.

### 5.1.2 Microscopia eletrónica de varrimento (MEV) da malha em banho de esgotamento com complexos de inclusão de $\beta$ -ciclodextrinas e óleos essenciais

Em semelhança ao procedimento anterior, as amostras de malha tratadas com microcápsulas de  $\beta$ -ciclodextrinas e óleos essenciais, submetidas a diferentes ciclos de lavagem: 1, 4, 10 e 15, foram observadas em MEV a fim de podermos apurar a presença e, respetiva quantidade, dessas microcápsulas. As micrografias foram obtidas com diferentes ampliações - 50x, 500x e 3000x vezes, e estão apresentadas na tabela 13, na página seguinte.

*Tabela 13* Imagens obtidas por MEV - malha tratada com complexos de inclusão de  $\beta$ -ciclodextrinas com óleos essenciais, segundo diferentes ciclos lavagem (A autora)



Podemos observar a presença de microcápsulas em todas as amostras submetidas aos diferentes ciclos de lavagem efetuados. É ainda possível verificar a existência de microcápsulas na amostra submetida a 15 ciclos de lavagem, o que nos permite confirmar que existe uma forte ligação (ligação covalente) entre as microcápsulas de ciclodextrinas e os grupos reativos da fibra de algodão, conferindo-lhe uma boa solidez à lavagem.

## 5.2. Caracterização objetiva das malhas tratadas com microcápsulas

### 5.2.1 Ensaio de solidez à lavagem das malhas tratadas com microcápsulas de sílica

Doze amostras de malha tratada com microcápsulas de sílica incorporando óleos essenciais naturais foram submetidas a um ensaio de solidez à lavagem. Foram considerados os seguintes tempos de lavagem - 30 minutos, 2 horas, 5 horas e 7,5 horas, que correspondem a 1, 2, 10 e 15 ciclos de lavagem. Posteriormente, as amostras testadas foram submetidas a um teste de cromatografia líquida de ultra-alto desempenho onde procurámos detetar e quantificar a presença do linalool - agente presente nos óleos essenciais em maior concentração e que estará depositado na superfície das amostras pelo tratamento efetuado.

- **Sistema Cromatográfico e de Deteção**

Para a identificação dos compostos em estudo e a otimização do processo de extração, usou-se um sistema Ultra High-Performance Liquid Chromatography (UPLC) modelo 1290, equipado com um detetor de fotodíodos modelo 1260 e injetor automático modelo 1260 da Agilent (Santa Clara CA, EUA).

Os compostos foram separados numa coluna de fase reversa Zorbax 300 SB-C18 (5 µm, 4,6x250 mm) da Agilent (Santa Clara CA, EUA) à temperatura ambiente (25 °C).

Para completar de forma mais exaustiva este procedimento, realizou-se um estudo de otimização do melhor solvente para extrair o composto - LINALOOL - (a concentração de composto em todos os casos foi de 921 µg/mL).

A metodologia otimizada foi validada seguindo as normas aceites internacionalmente para a validação de métodos bio analíticos, concretamente da Food and Drug Administration e da International Conference on Harmonization.

- **Condições Cromatográficas**

- A detecção foi realizada no comprimento de onda 254 nm.
- Fase estacionária: Zorbax 300SB-C18 StableBond Analytical 4.6x250mm 5-Micron
- Fase móvel: Acetonitrilo (55%) e H<sub>2</sub>O (45%), fluxo 1mL/min, modo isocrático, T 25°C

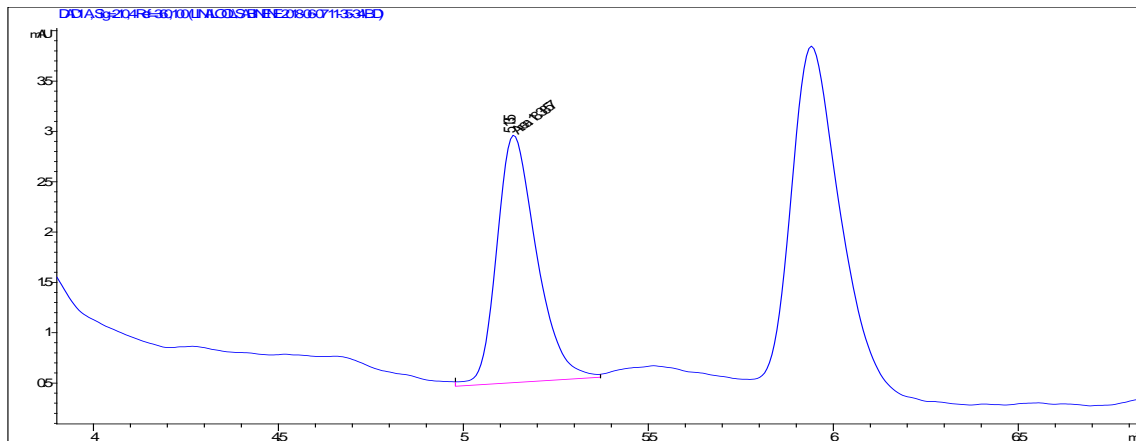


fig. 25 LLOQ: 1,89 mg/mL

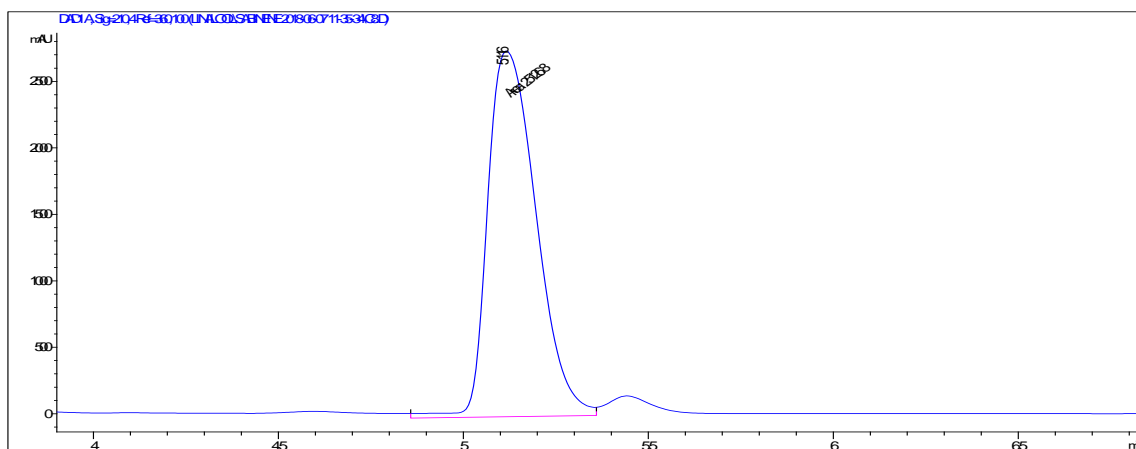


fig. 26 ULOQ: 970 mg/mL

Na tabela 14 é apresentada uma síntese informativa dos solventes e respetiva área.

Tabela 14 Síntese informativa sobre os valores do areado (A autora)

Solventes	Áreas
Acetona	30883.8
Etanol	62424.3
Metanol	64483.3
Diclorometano	75957.3
Acetonitrilo	82789.5
Cloroformio	67483.1
Isopropanol	5487.73
Hexano	62156.9
Acetato Etilo	57843.2

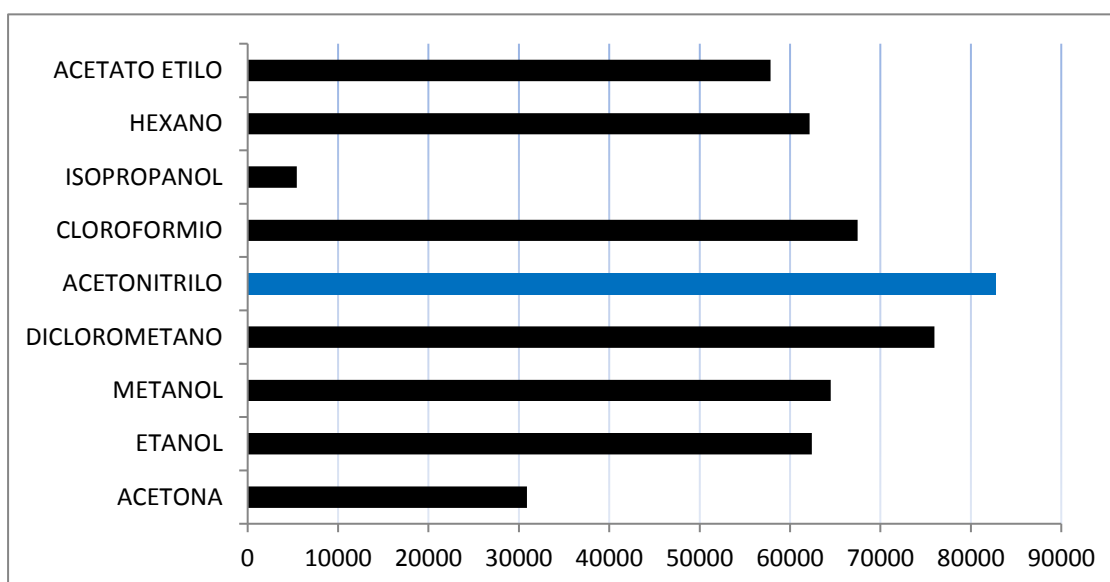


Gráfico 2 Síntese informativa sobre os valores do areado, indicados na tabela 14 (A autora)

Os dados expostos revelaram que o solvente indicado é o acetonitrilo.

O procedimento de extração foi o seguinte:

- 1 cm<sup>2</sup> tecido em eppendorf de 2 ml;
- Adição de 1 ml de Acetonitrilo e homogeneização 30s por vortex;
- Extração realizada em agitador de rolos 80 rpm 1h;

Tabela 15 Resultados da concentração de linalool presente nas amostras de sílica + OE (A autora)

Número de passagens	Número de ciclos de lavagem	Área Linalool	Quantidade de Linalool na malha (mg/cm <sup>2</sup> )
1	1	897.743	3.33
	4	94.0412	0.50
	10	57.9638	0.38
	15	18.6161	0.24
2	1	866.863	3.22
	4	117.516	0.59
	10	65.6892	0.40
	15	57.0732	0.37
3	1	88.289	0.48
	4	51.742	0.35
	10	74.4081	0.43
	15	38.7335	0.31

Os resultados obtidos aparentam comprovar a análise visual subjetiva efetuada através das micrografias MEV. Podemos verificar que existe a presença de linalool em todas as amostras avaliadas, particularmente as submetidas a 15 ciclos de lavagem, relevando-se que existe apenas uma pequena diferença entre as amostras com 2 e 3 passagens de recobrimento, o que pode indicar uma boa solidez à lavagem.

Existem algumas diferenças na variação da concentração de linalool em função do número de ciclos de lavagem e do número de passagens de recobrimento que poderão ser justificados através de amostras não uniformes (em termos de estrutura fibrosa) e/ou de uniformidade do acabamento efetuado ou ainda da zona de leitura da amostra.

### 5.2.2 Ensaio de solidez à lavagem das malhas tratadas com $\beta$ -ciclodextrinas

Quatro amostras de malha tratada com  $\beta$ -CD foram submetidas a um ensaio de solidez à lavagem a 40°C no Linitest de acordo com o estipulado na norma NP EN ISO 105-C06:1999.

Foram considerados os seguintes tempos de lavagem - 30 minutos, 2 horas, 5 horas e 7,5 horas, que correspondem a 1, 4, 10 e 15 ciclos de lavagem.

As amostras testadas foram submetidas a um teste de cromatografia líquida de ultra-alto desempenho - conforme processo suprarreferido - onde procuramos detetar e quantificar a presença do linalool que é o agente ativo presente em maior concentração e que estará depositado na superfície das amostras pelo tratamento efetuado.

Tabela 16 Resultados da concentração de linalool presente nas amostras de B-CD + OE (A autora)

Número de passagens	Número de ciclos de lavagem	Área Linalool	Quantidade de Linalool na malha (mg/cm <sup>2</sup> )
---	1	1127.97	4.13
	4	57.2988	0.37
	10	54.6458	0.36
	15	98.054	0.52

Com esta análise quantitativa podemos confirmar a análise subjetiva efetuada através das micrografias MEV. É possível verificar que todas amostras tratadas possuem ainda um valor de concentração de microcápsulas na fibra, à parte da amostra com um ciclo de lavagem os valores mantêm-se relativamente constantes, com um rendimento tendencialmente decrescente, como seria de esperar, mas com um diferencial entre si muito pouco significativo, o que denota uma boa solidez do tratamento à lavagem.

### 5.3 Fotografias dos protótipos desenvolvidos



fig. 27 Fotografias dos protótipos desenvolvidos, com sugestões de conjugação (a autora)



*fig. 28* Fotografias dos protótipos desenvolvidos: babygrow, camisola e calças (A autora)

# Capítulo 6

## Conclusões

Para dar resposta aos requisitos do atual consumidor, é necessário analisar todos os procedimentos desenvolvidos na criação de uma peça de vestuário infantil, bem como prever e prevenir o ciclo de vida da mesma, para que não se torne mais um artigo de aterro no seu fim de vida. Os materiais escolhidos e todos os processos submetidos na elaboração deste trabalho foram pensados e desenvolvidos segundo os ideais da sustentabilidade.

A investigação presente nas páginas anteriores teve como objetivo a conceção de uma peça de vestuário funcional, vocacionada para o público infantil que sofre de dermatite atópica, com propriedades melhoradas, uma vez que fornecem propriedades antibióticas e antissépticas contra a erupção cutânea e o prurido, causados pela referida patologia.

Ao consumidor, é dado um papel fundamental, no que toca ao ambiente e à ética, pois supõe-se que este cuide da peça de forma consciente e que faça o seu descarte entregando-a ao fabricante/retalhista para um novo ciclo de vida, tendo a possibilidade de recargar as microcápsulas, ou, caso não pretenda usá-la mais, para ser entregue a outras crianças que não possuam poder de compra para este tipo de artigo.

Após a aprovação da pesquisa inicial e a seleção do acabamento desejado, procedemos à produção dos protótipos, à escala real, de uma malha jersey 100% algodão orgânico, produzida num tear circular Jacquard, da marca Vanguard, disponibilizado pelo Departamento de Ciência e Tecnologia Têxteis.

Após todo o processo experimental e tendo em conta os resultados obtidos, é possível concluir o seguinte:

- Este trabalho possibilitou a conceção e produção de três peças de vestuário infantil, vocacionado para crianças com dermatite atópica, com características funcionais, especificamente, antibióticas, antissépticas e calmantes;
- A principal característica diferenciadora reside na incorporação de microcápsulas de  $\beta$ -CDs e óleos essenciais naturais na malha, aplicados por um processo de esgotamento, que concede propriedades antibióticas, antissépticas e calmantes, perceptíveis aos utilizadores;
- A análise e avaliação dos resultados obtidos permitiram identificar que o princípio ativo linalool existente nos óleos essenciais naturais, permanece no interior das

microcápsulas mesmo após serem submetidas a 15 ciclos de lavagem, pelo que se constata que existe uma boa aderência das microcápsulas de CDs ao substrato têxtil;

- Os protótipos desenvolvidos integram numa linha de vestuário multifuncional, com ergonomia e design aliados a uma *performance* acrescida face à erupção cutânea, causada pela dermatite atópica, com um enfoque particular ao nível da funcionalidade - antisséptica; dos materiais - sustentabilidade; e da forma - ergonomia e estética, com vista a satisfazer totalmente as expectativas do consumidor;
- A possibilidade económica para o novo produto. A estimativa de custo associada à aplicação nas malhas de microcápsulas de  $\beta$ -ciclodextrinas com óleos essenciais, embora encarecendo o produto, não é um fator impeditivo à sua produção industrial e futura colocação no mercado, no entanto será a um preço mais elevado;
- O trabalho desenvolvido nesta tese contribuiu para o suporte teórico do projeto P2020 - Neo4Scent - “Encapsulação de óleos essenciais terapêuticos para incorporação em filamentos têxteis” submetido, e a aguardar decisão de financiamento.

# Capítulo 7

## Perspetivas futuras

O estudo efetuado durante esta dissertação é relativo a um produto com funções acrescentadas para a dermatite atópica pediátrica. Desta forma, com o propósito de alargar o estudo e a implementação no mercado deverão ainda estudar-se alguns aspetos como os seguintes:

- Proceder à análise subjetiva do desempenho das peças;
- Proceder à avaliação das propriedades de conforto termofisiológico das peças;
- Proceder à avaliação das propriedades de superfície das peças;
- Continuar o desenvolvimento experimental efetuado, com diferentes microcápsulas e/ou óleos essenciais que possam abordar funcionalidades distintas e que tragam mais valias para o usuário de patologias pediátricas;
- Ampliar a experiência a outras peças de vestuário - homem e senhora;
- Desenvolver um estudo clínico sobre a viabilidade desta tecnologia;
- Desenvolver malha com estruturas diferentes;
- Alcançar o “0-waste” durante a produção das peças;
- Conseguir atingir o mínimo impacto possível durante toda o ciclo de vida do produto;
- Desenvolver o produto com outras-matérias primas biodegradáveis, como liocel ou bambu;
- Tornar esta tecnologia mais acessível ao público em geral;
- Procurar a introdução do produto no mercado dos têxteis medicinais.



**“The world will not evolve past its current state of crisis by using the same thinking that created the situation.” - Albert Einstein**



## Referências bibliográficas e Webgrafia

- Anderson, C, Lis-Balchin, M., Kirk-Smith, M. (2000). Evaluation of Massage with Essential Oils on Childhood Atopic Eczema. *Phytotherapy Research* (pp. 452-456). John Wiley & Sons.
- Avramescu, A. M., Dobre, C. G. (2017). ECO-Design - The Perfect Balance of Esthetis, Ergonomy e Eco-Design. *International Journal of Engineering: Faculty of Engineering Hunedoara*.
- Baumgarten, L. (1986). *Children's Clothing*. Disponível em:  
<http://www.history.org/history/clothing/children/child01.cfm> (22.07.2018)
- Bieber, T. (2017). *How to Define Atopic Dermatitis?* Elsevier.
- Burgos, A. E., A. Okio, C. K., & Sinisterra, R. (2012). *Preparation of association compound between rhodium (II) citrate and  $\beta$ -cyclodextrun* (Vols. 35, n.4). *Química Nova*.
- Callahan, C.R. *History of Children's Clothing*. Disponível em: <https://fashion-history.lovetoknow.com/fashion-history-eras/history-childrens-clothing> (22.07.2018)
- Cimatti, B., Campana, G., Carluccio, L. (2017). *Eco Design and Sustainable Manufacturing in Fashion: a Case Study in the Luxury Personal Accessories Industry*. Elsevier.
- Clemente, E. C. (2015). A agricultura familiar e a questão da sustentabilidade: alguns pontos para o debate. *Ateliê Geográfico* (v.9, pp. 88-108). Brasil: Universidade Federal de Goiás.
- Cole, D. J., Deihl, N. (2015). *The History of Modern Fashion: From 1850*. United Kingdom: Laurence King Publishing Ltd.
- Costa, J. (2015). *Utilização racional de analgésicos e anti-inflamatórios*. Lisboa, Portugal: Faculdade de Medicina de Lisboa.
- Costa, R. R. (2013). *Dissertação de Mestrado: Inserção de microcápsulas no processo de impressão a jato de tinta líquida por sistema termoeletrico*. Porto Alegre, Brasil: Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Faculdade de Arquitetura e Escola de Engenharia.
- Cotrim, M. d. (2015). *Design de tecidos funcionais: uma visão inovadora sobre complexação de óleo de capim limão (Cymbopogon citratus) com ciclodextrina*. - *Dissertação de Mestrado*. Universidade do Estado de Minas Gerais, Escola de Design.
- Dissanayake, G., Perera, S. (2016). *New Approaches to Sustainable Fibres*. Em Subramanian Senthilkannan Muthu e Miguel Angel Gardetti (Eds.). *Sustainable Fibres for Fashion Industry - Volume 2*. Springer.
- Dr. Mercola (2016). *Lavender Oil*. Disponível em: <http://articles.mercola.com/herbal-oils/lavender-oil.aspx> (23.07.2018)
- Easton, J. (2007). *Ecotextiles*. (M. M. Horrocks, Ed.) Cambridge, Inglaterra: Woodhead Publishing Limited.
- Figueiredo, C. (2010). *Aplicação de Plantas Aromáticas e Óleos Essenciais Encapsulados em Produtos Lácteos*. Coimbra, Portugal: Instituto Politécnico de Coimbra.

- Fletcher, K. (2014). *Sustainable Fashion and Textiles: Design Journeys*, 2ª Ed. Nova Iorque: Routledge.
- Fletcher, K., & Tham, M. (Eds.). (2015). *Routledge Handbook of Sustainability and Fashion* (1ª Edição ed.). Abingdon, Oxfordshire, Inglaterra: Routledge International Handbooks.
- Gaudinski, M. R., Milner, J. D. (2016) *Atopic Dermatitis and Allergic Urticaria: Cutaneous Manifestations of Immunodeficiency*. Elsevier.
- Global Fashion Agenda, *Leading Fashion Companies set Targets for a Circular Fashion Future*. Disponível em: <http://www.globalfashionagenda.com/leading-fashion-companies-set-targets-for-a-circular-fashion-future/> (05.06.2018)
- Laschuk, T. (2017). *Workflow para o Desenvolvimento de Projetos de Design de Superfície com Foco em Estamparia Têxtil para a Área da Moda*. Porto Alegre, Brasil: Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Escola de Engenharia, Faculdade de Arquitetura.
- Mahapatra, N. N. (2015). *Textiles and environment*. New Delhi: Woodhead Publishing India
- Meirowitz, R. (2010). Microencapsulation technology for coating and lamination of textiles. Em W. C. Smith (Ed.), *Smart textile coatings and laminates* (pp. 125-149). Estados Unidos da América: Woodhead Publishing Limited.
- Munari, B. (1981). *Das Coisas Nascem Coisas*. Lisboa: Edições 70.
- Mussig, J. (Ed.). (2010). *Industrial Applications of Natural Fibres - Structure, Properties and Technical Applications*. Bremen, Alemanha: A John Wiley and Sons, Ltd.
- Muthu, S. S. (2014). *Assessing the Environmental Impact of Textiles and the Clothing Supply Chain*. Cambridge, Londres: Woodhead Publishing Limited.
- Muthu, S. S. (Ed.). (2014). *Roadmap to Sustainable Textiles and Clothing - Eco-friendly Raw Materials, Technologies, and Processing Methods*. Hong Kong, China: Springer.
- Oh, K., Abraham, L. (2016). Effect of knowledge on decision making in the context of organic cotton clothing. USA: *International Journal of Consumer Studies*.
- Óleo de Alfazema. Celeiro. Disponível em: <https://www.celeiro.pt/144520-oleo-essencial-de-alfazema-20-ml-ltr-elegante> (23.07.2018)
- Organic Facts (2017). Top 15 Lavender Essential Oil Benefits & Uses. Disponível em: <https://www.organicfacts.net/health-benefits/essential-oils/health-benefits-of-lavender-essential-oil.html> (23.07.2018)
- Parys, M. V. (2006). Smart Textiles Using Microencapsulation Technology. Em S. K. Ghosh (Ed.), *Functional Coatings* (pp. 221-253). Weinheim, Alemanha: WILEY-VCH.
- Pepper, L. R. (2016). *Organic Cotton Market Report*. EUA: Textil Exchange.
- Safe Essential Oil Use With Babies & Children (2014). Disponível em: <http://www.thehippyhomemaker.com/essential-oil-safety-babies-children/> (23.07.2018)
- Sathe, V., Crooke, M. (2010). *Sustainable Industry Creation: A Case Study of the Birth of the Organic Cotton Industry and its Implications for Theory*. USA: Greenleaf Publishing.
- Sibbald, C., Drucker, A. (2017). *Patient Burden of Atopic Dermatitis*. Elsevier.

- Slater, K. (2003). *Environmental impact of textiles - Production, processes and protection*. Cambridge, Inglaterra: Woodhead Publishing Limited.
- Starešinič, M., & Podgornik, B. B. (2016). 3 Microencapsulation technology and applications in added-value functional textiles. *Physical Sciences Reviews*.
- van der Valden, N. M., Kuusk, K., Köhler, A. R. (2015). Life cycle assessment and eco-design of smart textiles: The importance of material selection demonstrated through e-textile product redesign. Elsevier.
- Young Living Essential Oils. Disponível em:  
[https://www.youngliving.com/en\\_EU/products/lavender-essential-oil](https://www.youngliving.com/en_EU/products/lavender-essential-oil) (23.07.2018)
- Zakaria, N. (2016). *Clothing for Children and Teenagers: Anthropometry, Sizing and Fit*. Elsevier.



# Anexos



**Identificação do Produtor / Identification of the Producer**

<b>Produtor /Producer</b>	Blossom Essence
<b>Responsável para contacto / Name</b>	Fausta Parracho
<b>Endereço / Address</b>	ParkUrbis - Parque de Ciência e Tecnologia, 6200-865 Covilhã
<b>Telefone / Phone</b>	00 351 964359339
<b>Email</b>	fausta.parracho@blossomessence.pt, delfina.menezes@blossomessence.pt

**Identificação da planta e momento de colheita / Plant identification and harvest time**

<b>Nome científico / Scientific name:</b>	<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.
<b>Nome vulgar / Common name:</b>	Alfazema / Lavender
<b>Família / Family:</b>	Lamiaceae (Labiatae)
<b>Parte da planta / Plant part</b>	Flores / Flowers
<b>Floral ou Vegetativo / Floral or Vegetative</b>	Floral
<b>Mês, ano de colheita / Harvest month, year</b>	
<b>Exemplar de herbário / Voucher code</b>	
<b>Código de colheita / Harvest code</b>	012/LA

**Identificação do local de cultura ou colheita / Identification of the place of cultivation or harvesting**

<b>Local, país / Place, country</b>	Campo Maior, Portugal
<b>Cultivo, Espontânea / Cultivation, Wild harvest</b>	Cultivo / Cultivation
<b>Modo de cultivo / Cultivation method</b>	Agricultura biológica / Organic farming

**Identificação da amostra / Sample identification**

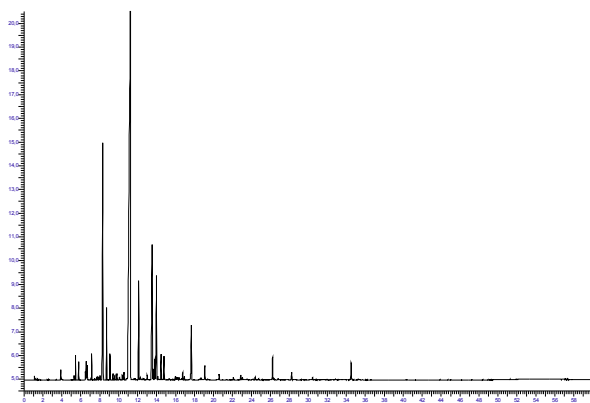
<b>Amostra / Sample:</b>	Óleo essencial / Essential oil
<b>Método de extração / Extraction procedure</b>	Hidrodestilação / Hydrodistillation
<b>Tempo de extração / Extraction time</b>	3 h
<b>Rendimento (% v/p.f. ou v/p.s.) / Yield (% v/f.w. or v/d.w.)</b>	4.41% (% p/p) / 4.41% (% w/w)
<b>Mês, ano de engarrafamento / Bottling month, year</b>	05-2016
<b>Validade / Shelf life</b>	2 anos / 2 years
<b>Código da amostra / Sample code</b>	La_12

**Análise do óleo essencial / Essential Oil analysis**

Identificação dos compostos por Cromatografia Gasosa acoplada a Espectrometria de Massa (GC-MS) e quantificação por Cromatografia Gasosa com Detetor de Ionização de Chama (GC-FID), como detalhado em Faria *et al.* (2014).

Volatiles were analyzed by Gas Chromatography coupled to Mass Spectrometry (GC-MS) for component identification, and by Gas Chromatography with Flame Ionization Detector (GC-FID), for component quantification, as detailed in Faria *et al.* (2014).

Faria *et al.* (2014) *Plant Cell Tiss. Organ. Cult.* 118: 519-530



**Fig. 1.** Gas chromatography profile, taken on the DB-1 column, of the essential oil La<sub>12</sub> isolated from *Lavandula angustifolia* Mill.

**Table 1.** Percentage composition of the essential oil La<sub>12</sub> isolated from the aerial parts of *Lavandula angustifolia* Mill.

Components	RI	La <sub>12</sub>
<i>n</i> -Hexanol	882	0.2
Tricyclene	921	t
$\alpha$ -Thujene	924	0.1
$\alpha$ -Pinene	930	0.3
Camphene	938	0.2
<i>n</i> -Heptanol	952	0.1
Sabinene	958	0.6
1-Octen-3-ol	961	0.3
$\beta$ -Pinene	963	0.3
Dehydro 1,8-cineole	973	0.4
$\beta$ -Myrcene	975	0.4
$\alpha$ -Phellandrene	995	t
Hexyl acetate	995	t
$\delta$ -3-Carene	1000	0.1
$\alpha$ -Terpinene	1002	0.1
<i>p</i> -Cymene	1003	0.1
1,8-Cineole	1005	5.9
$\beta$ -Phellandrene	1005	1.5
Limonene	1009	4.4
<i>cis</i> - $\beta$ -Ocimene	1017	2.3
<i>trans</i> - $\beta$ -Ocimene	1027	0.8
$\gamma$ -Terpinene	1035	0.2
<i>trans</i> -Sabinene hydrate	1037	0.2
<i>cis</i> -Linalool oxide	1045	0.2
<i>n</i> -Octanol	1045	0.1
<i>trans</i> -Linalool oxide	1059	0.2
Terpinolene	1064	0.3
Linalool	1074	48.1
1-Octen-3-yl-acetate	1086	t
$\alpha$ -Campholenal	1092	0.1
<i>trans</i> - <i>p</i> -2-Menthen-1-ol	1099	0.1
Camphor	1102	4.3
<i>allo</i> -Ocimene	1110	0.1
Hexyl isobutanoate	1127	0.2
Borneol	1134	4.8
Lavanduol	1142	5.4
Cryptone *	1143	0.8
Terpinen-4-ol	1148	5.7
$\alpha$ -Terpineol	1159	1.0
Hexyl butanoate	1173	1.0
<i>trans</i> -Carveol	1189	t
Bornyl formate	1200	0.1
Cuminaldehyde	1200	0.1
Nerol	1206	0.1
Carvone	1210	0.1
2-Methyl butyric acid hexyl ester	1220	0.2
Hexyl isovalerate	1225	0.2
Geraniol	1236	0.1
Linalyl acetate	1245	2.6
<i>n</i> -Decanol	1259	t
<i>p</i> -Cymene-7-ol (= Cumin alcohol)	1260	0.1
Bornyl acetate	1265	0.1
Thymol	1275	t
Lavandulyl acetate	1278	0.6
Carvacrol	1286	t
Hexyl tiglate	1316	0.3
Neryl acetate	1353	0.1
Geranyl acetate	1370	0.2
Hexyl hexanoate	1375	0.1
$\beta$ -Caryophyllene	1414	0.1
$\alpha$ -Santalene	1422	0.1
<i>trans</i> - $\alpha$ -Bergamotene	1434	t
<i>trans</i> - $\beta$ -Farnesene	1455	0.5
Germacrene D	1474	0.1
$\beta$ -Caryophyllene oxide	1561	0.1
$\alpha$ -Bisabolol	1656	0.9
<b>% Identification</b>		<b>97.7</b>
<b>Grouped components</b>		
Monoterpene hydrocarbons		11.8
Oxygen-containing monoterpenes		81.4
Sesquiterpene hydrocarbons		0.8
Oxygen-containing sesquiterpenes		1.0
Others		2.7

RI - Retention index calculated relative to C<sub>8</sub>-C<sub>17</sub> *n*-alkanes on the DB-1 column, \* Identification based on mass spectra only, t - trace (<0.05%).