



**A Biotecnologia na transição para a moda  
sustentável.  
O potencial da celulose bacteriana**

**Liliana Filipa Tavares Mota**

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

Orientadora: Prof.a Dra. Isabel Cristina Aguiar de Sousa e Silva  
Gouveia

Coorientadora: Dra. Cláudia Filipa Duarte Mouro

**Junho de 2023**



# Dedicatória

Aos meus pais.

*“One day, in retrospect,  
the years of struggle will strike you as the most beautiful.”*

- Sigmund Freud

## **Declaração de Integridade**

Eu, Lílíana Filipa Tavares Mota, que abaixo assino, estudante com o número de inscrição M10533, do curso de Design de Moda da Faculdade de Artes e Letras, declaro ter desenvolvido o presente trabalho e elaborado o presente texto em total consonância com o **Código de Integridade da Universidade da Beira Interior**.

Mais concretamente afirmo não ter incorrido em qualquer das variedades de Fraude Académica, e que aqui declaro conhecer, que em particular atendi à exigida referenciação de frases, extratos, imagens e outras formas e trabalho intelectual, e assumindo assim na íntegra as responsabilidades da autoria.

Universidade da Beira Interior, Covilhã \_12\_/\_6\_/\_2023

*Liliana Filipa Tavares Mota*

# Agradecimentos

À Professora Doutora Isabel Cristina Aguiar de Sousa e Silva Gouveia, pelo seu papel enquanto orientadora, pela capacidade de compreensão, por ser um modelo de inspiração e por me ter despertado interesse para esta área, que tanto prazer me deu explorar.

Aos meus professores dos 1.º e 2.º ciclos de estudos pelo exemplo de sabedoria e conhecimento.

Um agradecimento especial à minha coorientadora, Doutora Cláudia Mouro, pela disponibilidade que sempre demonstrou, quer pela ajuda em todos os processos laboratoriais.

Ao Departamento de Ciência e Tecnologia Têxtil, pela disponibilidade do espaço do Laboratório de Química e Biotecnologia Têxtil, da Universidade da Beira Interior, integrado na Unidade de I & D FibEnTech.

Às pessoas que a vida académica me permitiu e proporcionou conhecer, sem vocês este percurso não teria sido tão especial e enriquecedor.

Aos meus restantes amigos e à minha família pelo apoio constante em todas as ocasiões.

Por fim, resta-me agradecer a todos aqueles que, de alguma forma, tornaram esta etapa mais feliz e prazerosa.



# Resumo

Vivemos num mundo que se desenvolve freneticamente e tem como consequência a aceleração industrial com impacto na evolução da sociedade, intensificando-se numa sociedade fortemente consumista baseada em produtos de fontes não renováveis.

O facto de a indústria têxtil ser um dos setores determinantes para a poluição a nível mundial, tem sido alvo de grande debate nacional e internacional, refletindo-se na crescente preocupação do público consumista que atenta cada vez mais nos produtos que adquirem e que se preocupam com as alterações climáticas. Em consonância, as empresas têm investido cada vez mais em soluções que se aproximem mais das necessidades que o consumidor procura.

Deste modo, a presente dissertação visa testar soluções mais ecológicas, transpondo-as para o nosso quotidiano, através de biopolímeros e biopigmentos biodegradáveis, obtidos de forma sustentável e que se têm revelado uma aposta determinante. É o caso da celulose bacteriana que tem sido utilizada em diversos projetos de design de moda, e a utilização de pigmentos naturais, a partir do cultivo de bactérias produtoras de pigmentos.

Desta forma, o trabalho desta dissertação investigou a produção e utilização de celulose bacteriana e de pigmentos bacterianos, para a coleção *Celubac Collection* como uma alternativa para uma moda mais sustentável.

Os resultados revelaram-se promissores no que respeita à obtenção de materiais e cores. Existem ainda muitas barreiras a ultrapassar, e alguns inconvenientes no que respeita a estas alternativas, mas a prova de conceito é conseguida.

Não restam dúvidas de que, a par de tantas outras transformações quotidianas, a indústria da moda precisa de se modificar através de tecnologias inovadoras que possibilitam uma oferta aos consumidores com qualidade, e uma sensibilização para as preocupações ambientais.

## Palavras-chave

Sustentabilidade; Biopolímeros; Pigmentos Bacterianos





# **Abstract**

We live in a world that develops frenetically and has, as a consequence, the industrial acceleration with impact on the evolution of society, intensifying in a strongly consumerist society based on products from non-renewable sources.

The fact that the textile industry is one of the determining sectors for global pollution has been the subject of great national and international debate, reflected in the growing concern of the consuming public, who pay more and more attention to the products they buy and are worried about climate change. In line with this, companies have increasingly invested in solutions that are closer to the needs that the consumer seeks to satisfy.

Thus, this MSc Thesis aims to test more ecological solutions, transposing them into our daily lives, through biopolymers and biopigments that are biodegradable, developed in a sustainable way and that have proved to be a decisive bet. This is the case of bacterial cellulose that has been used in several fashion design projects, and the use of natural pigments, being the cultivation of bacterial pigments.

In this way, the work of this dissertation investigated the production and use of bacterial cellulose and bacterial pigments, for the Celubac Collection as a more sustainable fashion industry.

The results were promising in terms of obtaining materials and colors.

There are still many barriers to overcome, and some drawbacks regarding these alternatives, but proof of concept is achieved.

There is no doubt that, along with so many other daily transformations, the fashion industry needs to change through innovative technologies that enable a quality offer to consumers, and an awareness of environmental concerns.

## **Keywords**

Sustainability; Biopolymers; Bacterial Pigments



# Índice

	<b>Páginas</b>
<b>Introdução</b>	1
<b>Parte I: Enquadramento teórico</b>	5
<b>Capítulo I: Indústria Têxtil</b>	5
1.1. Vestuário e o seu impacto social	5
1.2. Indústria têxtil e o meio ambiente	5
1.3. Sustentabilidade e Certificações	10
1.4. Marcas Sustentáveis	12
1.4.1. H&M	13
1.4.2. Nüz	15
1.4.3. Insecta Shoes	16
1.4.4. Rave Review	16
1.5. Economia Circular	17
<b>Capítulo II: Biotecnologia nos Têxteis</b>	21
1. Biopolímeros	23
1.1. Exemplo da Celulose Bacteriana	25
1.2. Exemplos de aplicação de biopolímeros	26
2. Pigmentos vs. Corantes	31
2.1. Corantes Sintéticos	31
2.2. Pigmentos Naturais	34
2.2.1. Pigmentos microbianos	38
2.2.1.1. Pigmentos bacterianos	39
2.2.1.2. Pigmentos fúngicos	48
2.2.1.3. Pigmentos obtidos através de microalgas	50
3. Vantagens dos pigmentos naturais em relação a corantes sintéticos	51
<b>Capítulo III: Inquérito</b>	53
<b>Capítulo IV: Desenvolvimento Laboratorial</b>	55
1. Metodologia de Trabalho	55
2. Métodos/Procedimentos Laboratoriais	55
2.1. Produção e recuperação de Celulose Bacteriana	55
2.1.1. Tratamento alcalino	57
2.2. Produção e extração de pigmento Prodigiosina	57
3. Processo de tingimento	59

4. Acabamento Hidrofóbico	61
5. Tingimento camisola 100% algodão	62
6. Experimentações	62
7. Discussão dos resultados	68
<b>Capítulo V: Coleção conceptual</b>	71
<b>Conclusão</b>	77
<b>Perspetivas Futuras</b>	78
<b>Referências</b>	79
<b>Anexos</b>	93
1. Questionário	93
2. Ficha técnica - Soutien	97

## Lista de Figuras

Figura 1- Curso de água contaminado em Dhaka, Bangladesh	8
Figura 2- Rio Jian contaminado com corantes sintéticos, norte da China	9
Figura 3- Etiqueta <i>Global Organic Textile</i>	10
Figura 4- Etiqueta <i>Better cotton initiative</i>	11
Figura 5- Etiqueta <i>Standard 100 by OEKO-TEX</i>	11
Figura 6- Etiqueta Global recycled standard	12
Figura 7 - Coleção sustentável " <i>Cherish Waste</i> "	14
Figura 8- Camisa da marca portuguesa Náz	15
Figura 9- Exemplar da marca <i>Insecta Shoes</i>	16
Figura 10- Campanha publicitária da marca sustentável <i>Rave Review</i>	16
Figura 11- Economia circular	19
Figura 12- Classificação de polímeros biodegradáveis	22
Figura 13- Tingimento de celulose com pigmentos naturais	26
Figura 14- Peça desenvolvida pela <i>Biofabricate</i>	27
Figura 15- Máscara de proteção individual produzida através de celulose bacteriana	27
Figura 16- Mala da designer Riina Oun	28
Figura 17- Tênis <i>Stan Smith</i> da Adidas em parceria com a <i>Bolt Threads</i>	29
Figura 18- Coleção de Stella McCartney em colaboração com a <i>Bolt Threads</i>	29
Figura 19- Vestido elaborado por Stella McCartney, produzido através de <i>Microsilk</i> , em parceria com a <i>Bolt Threads</i>	30
Figura 20- " <i>Biofabric Tennis Dress</i> " elaborado por Stella McCartney em parceria com a <i>Bolt Threads</i>	30
Figura 21- <i>Mylo Collection</i> , da Lululemon em parceria com a <i>Bolt Threads</i>	31
Figura 22- Vestido tingido com o corante "Malva" de Perkin	32
Figura 23- Pinturas rupestres de Lascaux	35
Figura 24- Pedaco de tecido tingido através da bactéria <i>S. coelicolor</i>	40
Figura 25- Pedaco de tecido tingido através da bactéria <i>S. coelicolor</i>	41
Figura 26- Desenvolvimento da <i>Serratia marcescens</i> numa placa de petri	42
Figura 27- Produção e extração do pigmento Flexirubina, extraído da bactéria <i>Chryseobacterium</i>	42
Figura 28- Tecido tingido com o pigmento Violaceina	43
Figura 29- Coleção H&M em parceria com a <i>Colorifix</i>	45
Figura 30- Casaco Assemblage 002, Projeto <i>Coelicolor</i>	46
Figura 31- Lenço de seda, Projeto <i>Fold</i>	46

Figura 32- Projeto <i>Rise and fall off a micropolis</i>	47
Figura 33- Coleção <i>DesignToFade</i> , parceria entre Puma e Living Colour	47
Figura 34- Produção e extração de pigmentos fúngicos	49
Figura 35- Produção de pigmentos fúngicos	49
Figura 36- Resultado do tingimento efetuado com o pigmento <i>Phycoerythrin</i>	51
Figura 37- Produção de Celulose bacteriana	55
Figura 38- Produção de Celulose bacteriana	56
Figura 39- Películas de celulose após branqueamento	57
Figura 40- Produção do pigmento Prodigiosina	58
Figura 41- Extração do pigmento Prodigiosina	58
Figura 42- Tingimento de celulose com o pigmento Prodigiosina	59
Figura 43- Tingimento através do pigmento Prodigiosina	60
Figura 44- Tingimento através do pigmento Violaceina	60
Figura 45- Processo de acabamento hidrofóbico	61
Figura 46- Tingimento camisola 100% algodão	62
Figura 47- Celulose bacteriana	63
Figura 48- Soutien elaborado através de celulose bacteriana	63
Figura 49- Soutien elaborado através de celulose bacteriana	64
Figura 50- Brincos elaborados com celulose bacteriana	64
Figura 51- Brincos elaborados com celulose bacteriana	65
Figura 52- Brincos elaborados com celulose bacteriana	65
Figura 53- Brincos elaborados com celulose bacteriana	66
Figura 54- Brincos elaborados com celulose bacteriana	66
Figura 55- Corpete elaborado com celulose bacteriana tingida e não tingida	67
Figura 56- Pequena Carteira elaborada com celulose bacteriana	68
Figura 57- <i>Moodboard</i> de inspiração	71
Figura 58- Etiqueta " <i>Celubat Collection</i> "	72
Figura 59- Coordenado nº1	72
Figura 60- Coordenado nº2 e nº3	73
Figura 61- Coordenado nº4	73
Figura 62- Coordenado nº5	74
Figura 63- Coordenado nº6	74
Figura 64- Mala, proposta nº1	75
Figura 65- Mala, proposta nº2	75

Figura 66- Brincos, proposta n°1	76
Figura 67- Brincos, proposta n°2	76
Figura 68- Brincos, proposta n°3	76
Figura 69- Brincos, proposta n°4	76





# Lista de tabelas

Tabela 1- <i>Fast Fashion vs Slow Fashion</i>	13
Tabela 2- Utilização de enzimas na indústria têxtil	23
Tabela 3- Corantes sintéticos e solubilidade	33
Tabela 4- Corantes sintéticos e a sua estrutura química	33
Tabela 5- Substantividade dos pigmentos	36
Tabela 6- Classificação de corantes	37
Tabela 7- Pigmentos obtidos através de microrganismos	38
Tabela 8- Pigmentos bacterianos e as suas propriedades	39
Tabela 9- Bactérias produtoras do pigmento Violaceina	43
Tabela 10- Pigmentos extraídos de fungos	48
Tabela 11- Pigmentos extraídos de microalgas	51



# Lista de acrónimos

**GOTS** Global Organic Textile Standard

**GRS** Global Recycled Standard

**SSCM** Sustainable Supply Chain Management

**CB** Celulose Bacteriana

**NB** Agar Nutritivo

**SSF** Solid Substratt Fermentation



# Introdução

A moda é uma forma de nos darmos a conhecer ao mundo, reflete a nossa personalidade e permite-nos distinguir dos outros. Ao longo dos séculos, e nas diferentes épocas, o vestuário destacou-se como uma influência cultural, permanecendo como uma forma de distinção entre classes sociais, constituiu-se assim como forma de afirmação e empoderamento das mulheres, essencialmente, no século XX.

A evolução da indústria têxtil tem sido rápida e acelerada, facto é que se tornou uma das maiores do mundo e que contribui substancialmente para a economia.

Com a evolução constante a nível mundial e o conseqüente aumento da população, assim como do consumo, permite que o desperdício de vestuário e outros fatores se tornem uma forte ameaça ao meio ambiente, em conseqüência do modo que a matéria-prima é obtida, assim como do desperdício de resíduos têxteis. Além disso, do ponto de vista ético, as condições a que os trabalhadores estão sujeitos nem sempre são consideradas dignas.

De modo a combater as conseqüências catastróficas que destroem o nosso ecossistema, a implementação de biopolímeros ou polímeros biodegradáveis surgem como uma alternativa aos convencionais. Isto porque são produzidos através de fontes naturais e renováveis que podem ir muito além do uso na indústria têxtil, como por exemplo, o uso de bactérias ou algas, são hipóteses desenvolvidas para criar material *eco friendly*.

Outro exemplo, passa pela produção de uma peça, em que um dos processos mais poluentes é o tingimento, nesse âmbito, existem investigações que demonstram a possibilidade de tingir tecidos com pigmentos obtidos através de bactérias.

Conclui-se que investir na investigação e em novas formas de confeccionar moda menos poluente protege o ecossistema face às gerações futuras, através da educação e consciencialização das gerações seguintes, que marcará a diferença entre dar continuidade à sobrecarga do planeta ou torná-lo um local melhor para todos.

O presente trabalho de investigação visa demonstrar como os têxteis podem ser diferentes dos convencionais e o quanto é importante estarmos atentos/as ao que vestimos. Deste modo, a questão com a qual nos deparamos e que dá início à investigação é a seguinte: É possível confeccionar uma peça em celulose bacteriana?

O impacto ambiental é um assunto que está na ordem do dia e atualmente o nosso planeta deixou de ser autossuficiente, isto porque tem-se consumido mais recursos do que os disponíveis. A indústria têxtil tem sido uma das indústrias mais poluentes, e para que a pegada ecológica do vestuário seja menor, há que apostar em produções inovadoras e mais sustentáveis. Devido a estas soluções alternativas considera-se a hipótese de criar peças mais amigas do ambiente, associando os biopolímeros e bio pigmentos, criando estratégias mais sustentáveis.

Assim sendo, esta dissertação pretende investigar o potencial contributo dos organismos vivos na conceção de uma peça de roupa 100 % sustentável e biodegradável. Para o efeito, recorre ao desenvolvimento de uma alternativa aos têxteis convencionais, por meio da celulose bacteriana e do tingimento com pigmentos naturais.

Por outras palavras, o objetivo desta dissertação consiste em investigar, propor e discutir uma alternativa sustentável aos problemas que se verificam na indústria da moda.

Por conseguinte a metodologia utilizada neste trabalho assenta em algumas etapas primordiais. Primeiramente, procedemos à realização de um inquérito com a finalidade de testar os hábitos dos consumidores, verificando se estes realmente têm consciência das suas escolhas e se acompanham a temática referente à sustentabilidade na indústria têxtil. De seguida, no que respeita à execução do plano laboratorial foram definidas as opções de materiais que poderiam ser úteis no projeto e tendo em consideração os materiais disponíveis no Laboratório de Química Têxtil e Biotecnologia, da Universidade da Beira Interior.

No que concerne ao desenvolvimento e estrutura da presente dissertação, esta divide-se em duas partes, uma teórica e uma prática.

No enquadramento teórico, o Capítulo I debruça-se sobre a revisão da literatura e analisa a importância que a indústria têxtil representa para a economia mundial, através da abordagem face à atual situação no mundo da moda, os problemas consequentes da mesma e as soluções que já se encontram disponíveis no mercado. Desse modo, torna-se possível observar que a moda sustentável é uma opção viável e que capta cada vez mais consumidores. Pretende-se ainda, no Capítulo II dar a conhecer a importância que a Biotecnologia exibe na Indústria Têxtil, ao ser usada com o uma ferramenta que permite contribuir para a produção de materiais para a moda mais ecológicos e sustentáveis através do uso de biopolímeros e pigmentos produzidos a partir de microrganismos. Além disso, este Capítulo apresenta exemplos de empresas que apostam no uso de polímeros sustentáveis e nos pigmentos de origem microbiana, bem como o seu processo de produção.

No caso prático da presente dissertação, o Capítulo III visa apresentar a estrutura e os resultados face ao inquérito realizado relativos aos hábitos de consumo da população, enquanto o Capítulo IV diz respeito ao desenvolvimento laboratorial, onde foram descritas as metodologias adotadas bem como os resultados obtidos em relação ao biopolímero produzido por bactérias - Celulose Bacteriana (CB)- e respetivos processos de tingimento com os pigmentos extraídos a partir de bactérias. No Capítulo IV inserem-se ainda as diferentes experimentações que foram realizadas ao longo da presente dissertação.

Em relação ao Capítulo V, este exibe a proposta de uma coleção conceptual e inovadora com base nos materiais e pigmentos produzidos no Capítulo IV.

Por fim, são apresentadas as conclusões relativas à presente dissertação, onde é demonstrado o contributo da mesma na criação de materiais para a moda mais ecológicos e sustentáveis, bem como o que deverá ainda ser feito para que a Indústria Têxtil tenha uma mudança para um sistema circular através do uso de biopolímeros, como a CB e dos pigmentos produzidos por microrganismos, nomeadamente bactérias.





# **Parte I: Enquadramento teórico**

## **Capítulo I. Indústria Têxtil**

### **1.1. Vestuário e o seu impacto social**

Ao longo dos séculos o vestuário sempre serviu de fator de distinção entre classes sociais, ainda que acompanhe o progresso da sociedade, esta característica tem permanecido na atualidade. Deste modo, o conceito de vestuário na moda é representado como uma parte funcional de uma peça de roupa, que nos distingue enquanto seres individuais. Assim como o vestuário, a própria moda permite-nos expressar seja pelo modo como nos vemos, como pela nossa personalidade e ideais. Além disto, dentro da moda são muitos os que avaliam o outro no modo que este se apresenta, fazendo uso da própria noção de bom gosto, das tendências em vigor e da cultura da qual faz parte.

A moda pode ser definida como a definição de nós mesmos, a representação do que queremos transmitir ao outro na maneira de nos apresentarmos, seja para nos diferenciarmos ou aproximarmos de pequenos e/ou grandes grupos sociais. De acordo com Ro (2020) as pessoas preferem comprar mais peças a preço mais reduzido e ter uma panóplia de escolha do que, por exemplo, apostar em peças de maior qualidade e usá-las mais vezes (Ro, 2020).

A cultura de cada país e/ou região também se associa a trajes típicos, por vezes artesanais, que pela história que carrega acaba por se relacionar com uma determinada comunidade. Contudo, a moda também é frequentemente associada à mulher em vez de ao homem, ainda que a indústria têxtil seja bastante abrangente face aos processos *standard*, no passado as roupas eram produzidas à medida por alfaiates.

No decorrer do século XX apareceram movimentos de emancipação feminina, em que as mulheres fizeram uso das roupas como forma de protesto e de revolta, e ainda surgiram criadores como Coco Chanel, Mary Quant, Christian Dior, entre outros, que através das suas inovações contribuíram, como a criação da minissaia, por parte de Mary Quant, que marcou pelo simbolismo que a peça de roupa constituía, o elemento de afirmação e significado face ao empoderamento feminino na época (Audaces, 2021). Por outras palavras, a moda constitui uma forma de afirmação por parte do sexo feminino e uma libertação de mentalidades.

### **1.2. Indústria têxtil e o meio ambiente**

Várias indústrias transformadoras foram massificando a sua produção, conduzindo as suas inovações além-fronteiras, através do desenvolvimento industrial e do aumento da população mundial que causou um aumento do consumo.

Por conseguinte, a indústria têxtil tem um grande peso a nível económico, mas também a nível ambiental, contribuindo de forma significativa para desperdícios dos recursos não renováveis. Se analisarmos a etiqueta da roupa que usamos diariamente observamos que, na sua generalidade, o seu fabrico ocorre num país do continente asiático, dominador da produção de têxteis, isto significa que uma peça percorre milhares de quilómetros até chegar às nossas mãos. Agregado a isso, surgiu o conceito *fast fashion*, método de oferecer aos consumidores novidades semanais das tendências atuais a um preço bastante reduzido.

Nas últimas décadas o consumo de vestuário por parte da população aumentou cerca de 40%, contribuindo para o decréscimo do preço e da velocidade com que os consumidores compram, usam e descartam as peças. Com toda a celeridade dos processos, são os nossos recursos naturais que ficam desequilibrados, exemplo disso, é o facto de entre 5% a 10% da poluição industrial da União Europeia (UE) está relacionada com o setor têxtil, pois os países que integram a UE são dos consumidores mais ativos destas matérias.

Por sua vez, com a evolução digital veio a forte aposta nas redes sociais que torna as pessoas mais ativas socialmente e com mais desejo pelo novo e pelas tendências, além da publicidade feita pelas marcas ou por *influencers* digitais que afeta a perceção e as escolhas dos consumidores (Mizrachi, 2022).

A produção de roupa divide-se por sete etapas, entre as quais; (1) recolha de matéria-prima, (2) fiação, (3) tecelagem, (4) tingimento, (5) tratamento/acabamento das fibras, (6) confeção e (7) distribuição até ao consumidor final.

Por seu turno, as fibras que servem de matéria-prima para a confeção de peças dividem-se entre naturais, artificiais e sintéticas, apesar das naturais serem consideradas menos prejudiciais para o meio ambiente, o cultivo das mesmas não deixa de ser contraproducente, devido ao uso de pesticidas, que representa 11% do consumo a nível mundial. Deste modo, entende-se que o cultivo das plantações são uma das principais fontes de poluição do subsolo e contaminação de água.

De entre as fibras mais consumidas no mundo destaca-se o algodão, representando mais de 50% do total de fibras usadas na indústria têxtil (S. Gordon, 2007), que pode levar à necessidade do aumento de terrenos de cultivo para produção de fibras naturais, o que leva à desflorestação. Por sua vez, a fibra de origem petrolífera poliéster representa 16% do total de fibras utilizadas na indústria, tendo como propriedades a secagem rápida e por se tratar de uma matéria resistente que a torna numa fibra versátil e muito apreciável. No entanto, esta é umas das principais fontes de poluição com microplásticos, libertados sob a forma de pequenas partículas durante as lavagens, que acabam por contaminar os solos. Em suma, o facto de os consumidores terem acesso a novas coleções de forma rápida, permitindo um consumo exacerbado de roupa e, conseqüentemente, a um grande

desperdício de recursos naturais que inevitavelmente dependem de questões como a qualidade do solo, a época de plantação, o clima da região, a água necessária para a produção de matérias-primas, como para a industrialização de uma peça de vestuário. Estes problemas causados pela indústria são apenas alguns exemplos, além do processo de tinturaria, assim como dos processos de acabamento em que o uso de água é imprescindível, sendo que estas águas residuais industriais nem sempre são devidamente tratadas e a maior parte acaba por desaguar nos rios e contaminar água potável (Oliveira, 2021).

Em 2020, a União Europeia desenvolveu um conjunto de medidas para melhorar o conceito de economia circular no setor da moda, medidas essas que passam pela reutilização de desperdícios e formular produtos concebidos de forma mais sustentável, podendo resultar em soluções eficazes. Isto porque, apenas 1% da produção de vestuário é reutilizada, pois a maior parte das roupas que usamos são descartadas em aterros sanitários e que acabam como restos de fibras, desperdícios têxteis, lodo proveniente do tratamento de águas residuais e até embalagens de corantes e químicos utilizados em todo o processo (Comissão Europeia, 2020).

Em média, a compra de vestuário representa 5% dos gastos anuais de um indivíduo, sendo essencial alterar os hábitos de consumo e consciencializar as pessoas para o impacto ambiental das nossas práticas. Cabe a cada um adquirir comportamentos sustentáveis tais como reduzir a temperatura das lavagens da roupa, adquirir peças fabricadas com fibras ecológicas e venderem ou doarem as peças que já não usam, fará com toda a certeza, uma grande diferença no futuro (Parlamento Europeu, 2020).

É preponderante investir no estudo de fibras mais sustentáveis e *eco friendly*, como também estabelecer normas para que todas as pessoas que trabalham neste setor tenham melhores condições de trabalho e melhores salários. Entende-se que a indústria têxtil contribui em grande parte para o desenvolvimento da economia de um país, sendo responsável por um número considerável de postos de trabalho, sobretudo de mulheres. Isto porque, grande parte da produção de vestuário está concentrada no continente asiático, pela quantidade de mão-de-obra barata existente. A seguir à China, o Bangladesh é o maior produtor de vestuário a nível mundial, apesar deste facto as condições de trabalho dos colaboradores estão muito aquém do que é expectável.

É expectável que o consumo de roupas continue a aumentar anualmente, apesar da sua estagnação durante a pandemia a degradação ambiental permanecerá. De forma a evitar isto, surgiram marcas que se começaram a comprometer com a criação de coleções confeccionadas com matérias-primas sustentáveis.

De forma a promover a sustentabilidade, é necessário apostar em opções de produção menos nocivas para o meio ambiente e de valor acrescentado. Através do uso de energia

renovável é possível substituir fontes convencionais, de entre as opções variam, a energia solar, energia geotérmica, energia hídrica e energia obtida através de biomassa. A utilização de energia renovável reduz drasticamente as emissões de CO<sub>2</sub>, para além de ser menos poluente, poupa em termos de recursos naturais (Fashion for good, 2021).

Também é possível diminuir as emissões de gases poluentes, ao se trocar os solventes tóxicos por produtos ecológicos, utilizando depuradores para absorverem as partículas e evitar que estas se dispersem no ar (Parvin, 2020). Como forma de solucionar as questões anteriormente apresentada, considera-se importante a revisão das leis ambientais, a aplicação de multas às empresas que depositam os seus resíduos em ambientes sem tratamento prévio e ainda que procedem à instalação de estações de tratamento de águas residuais, Figura 1.



Figura 1- Curso de água contaminado em Dhaka, Bangladesh

Fonte: (Regan, 2020)

A nível global, 20% da água que é poluída anualmente corresponde à indústria da moda. O facto de o volume das águas residuais ser imenso dificulta que seja encontrada uma forma mais sustentável de realizar o tratamento das mesmas (Tim Robinson, 2001).

Um dos problemas com quais nos deparamos é com a solubilidade dos corantes sintéticos que dificulta o tratamento das águas residuais, estas quando entram em contacto com as

nossas rotas aquáticas, colocam em causa a qualidade da água e dos seres vivos que nela habitam prejudicando o ecossistema, Figura 2 (Sunita Varjani, 2020).

É facto que os produtos tóxicos presentes na água são nocivos para os humanos, podendo provocar febre, reações alérgicas e irritações cutâneas (Regan, 2020). Segundo Kerrice Bailey (2022), a China produz cerca de 2,5 mil milhões de toneladas de águas residuais por ano, desde 1995 que o país domina a produção de têxteis a nível mundial.

No entanto, não é só durante o processo de tingimento que o solo é contaminado, a fibra natural de algodão, depende da utilização de um grande número de fertilizantes, isto leva a uma contaminação das águas presentes no subsolo - lençóis freáticos (Parvin, 2020).



Figura 2- Rio Jian contaminado com corantes sintéticos, norte da China

Fonte: (Regan, 2020)

Assim sendo, é essencial a conscientização por parte das pessoas e das marcas, pois os efeitos do aumento gradual da temperatura do nosso planeta já se fazem sentir, tal como a escassez de água, sabendo-se que atualmente uma em cada três pessoas não têm acesso a água potável e, segundo a organização OEKO-TEX, cerca de um milhão e meio de pessoas morrem anualmente, devido aos efeitos nocivos de água imprópria para consumo (Oeko-Tex, 2020).

### 1.3 Sustentabilidade e Certificações

Nos dias correntes, a sustentabilidade é um ponto essencial a ser discutido, não só na indústria da moda como nas restantes, facto que tem feito com que diversas marcas comecem a ser mais cuidadosas com as matérias-primas que utilizam e com as condições de trabalho dos seus colaboradores. Apesar dos produtos de algumas marcas terem um custo superior àquele que a maior parte das pessoas pode suportar, há cada vez mais consumidores que apostam em peças de qualidade em detrimento do baixo custo. Tal acontece, por se ter em conta a composição das peças e de apresentarem fibras sustentáveis ou recicladas, transmitindo transparência pela marca (Pucker, 2022).

Segundo Brundtland (1987), “O desenvolvimento sustentável procura atender às necessidades e aspirações do presente sem comprometer a capacidade de atender às do futuro”, isto é, o desenvolvimento sustentável procura estabelecer uma coesão entre o ambiente, a sociedade e a estabilidade económica.

Neste sentido, a ética de uma marca é também um elemento de avaliação por parte do consumidor, com o impacto crescente das alterações climáticas os produtos que estão ao dispor do cliente devem cumprir vários parâmetros, as marcas devem ser eticamente responsáveis, terem em consideração os materiais que usam, qual a finalidade dos seus desperdícios e também as condições laborais dos seus trabalhadores.

Por conseguinte, a população em geral começa a sentir o efeito das alterações climáticas e a crescente preocupação com o ambiente leva a que a mesma esteja atenta àquilo que adquire. Neste aspeto, surgiram certificações de entidades independentes que atestam se realmente as marcas cumprem com os diversos requisitos exigidos para que sejam consideradas sustentáveis. Um dos certificados mais importantes é o *Global Organic Textile Standard* (GOTS, Figura 3), surgiu em 2002, cujos produtos assinalados com este certificado têm de conter 70% de matéria-prima orgânica.



Figura 3- Etiqueta *Global Organic Textile*  
Fonte: (Standard, 2021)

A *Better Cotton Initiative* (Figura 4) é uma organização sem fins lucrativos que tem como objetivo tornar a indústria algodoeira num setor mais sustentável, sem ser tão prejudicial para o meio ambiente e mais dinâmico. Uma etiqueta com a sigla BCI, significa que estamos a adquirir uma peça de algodão, em que este foi cultivado da maneira mais ecológica possível.



Figura 4- Etiqueta *Better Cotton Initiative*  
Fonte: (Cotton, s.d.)

A etiqueta *Standard 100 by OEKO-TEK* (Figura 5) é uma das certificações mais reconhecidas do setor têxtil, este certificado garante que a peça que estamos a comprar não representa um perigo para a nossa saúde, diversos produtos tóxicos são usados na confeção de uma peça de roupa, a etiqueta *Standard 100 by OEKO-TEK* garante que nenhum produto prejudicial á nossa saúde foi utilizada durante todo o processo. A empresa OEKO-TEK tem o seu catálogo individual de critérios, que são atualizados anualmente, e é com base nesses mesmos critérios que as empresas recebem ou não essa certificação.



Figura 5- Etiqueta Standard 100 by OEKO-TEX  
Fonte: (Silva, 2021)

Uma das outras certificações conhecidas globalmente é o *Global Recycled Standard (GRS)* (Figura 6), que verifica a percentagem de material reciclado num tecido ou peça de roupa, esta norma aplica-se a todos os processos efetuados durante todo o processo e implica a restrição à utilização de alguns produtos químicos (Silva, 2021).



Figura 6- Etiqueta *Global recycled standard*  
Fonte: (Movement, s.d.)

As certificações ajudam o consumidor a ter opções mais sustentáveis e criam mais competitividade entre as empresas, isto porque, uma empresa certificada ao indicar qualidade, permite uma melhor imagem aos olhos dos possíveis clientes. Existem ainda certificações que permitem que o cliente escolha produtos cuja crueldade perante os animais seja inexistente no momento da recolha da matéria-prima. *Responsible Wool Standard* (RWS) entende que a qualidade e o bem-estar das ovelhas - produtoras de lã - é prioridade, a *Sustainable Cashmere Standard* também defende o bem-estar animal, no caso as cabras que são produtoras de caxemira (Control Union, s.d.).

#### 1.4. Marcas Sustentáveis

A sustentabilidade deixou de ser uma tendência para se tornar uma obrigação, o que tem permitido que os consumidores considerem essencial prestar especial atenção à composição da peça, a embalagem envolvente, o processo de tingimento usado e o local de produção da roupa (Sanvt, 2021).

Sendo do conhecimento geral, a produção em massa ocorre em alguns países do continente asiático, geralmente realizada em condições precárias, salários extremamente baixos e em espaços que se encontram degradados (Morgan, 2015). O *fast fashion* veio aumentar ainda mais este problema, a produção em série a preços baixos, traz mais problemas agregados sobretudo do ponto de vista ambiental e social. Este termo impôs-se definitivamente no início dos anos 90, com o surgimento da marca de roupa Zara no mercado, apresentando coleções inspiradas nas peças de alta-costura, mas com um preço acessível (Mizrachi, 2022).

Além da Zara, marcas como Bershka, Stradivarius e Pull&Bear são exemplos de “moda rápida”, e para que as pessoas comprem menos *fast fashion*, as marcas têm de apostar em peças de qualidade, ou seja, na longevidade das mesmas, confeccionada com materiais de qualidade, que não se baseiem apenas em tendências nem desapareçam com o passar do tempo. Para ajudar as marcas no seu desenvolvimento de uma maior sustentabilidade



surgiu o *Sustainable Supply Chain Management* (SSCM), cuja estratégia de organização passa por processo de transformação sustentável (Wren, 2022).

Gradualmente tem surgido outra forma de fabricar roupa, o *slow fashion*, em que toda a cadeia de produção é pensada para produzir peças sustentáveis, respeitar o meio ambiente e as pessoas (Marquis, 2021). Podemos indicar as principais diferenças entre estas duas formas de produção, Tabela 1:

Tabela 1- *Fast Fashion vs Slow Fashion*

Fonte: (adaptado de Aishwariya S., 2019)

<b><i>Fast Fashion</i></b>	<b><i>Slow Fashion</i></b>
Produção em massa	Produção em pequena escala
Preço acessível	Preço mais elevado
Peças de pouca qualidade	Peças de qualidade
Várias coleções anualmente	Peças intemporais
Matérias-primas poluentes	Fibras sustentáveis e/ou recicladas
Condições de trabalho precárias	Respeito pelos colaboradores

Para corresponder às necessidades dos clientes, novas marcas surgiram com o propósito de serem sustentáveis, enquanto outras se adaptaram à nova realidade que lhes tem sido exigida. A revista feminina *Elle UK* fez em 2022 uma lista de marcas que se destacam pelas matérias-primas que usam ou pela forma como as peças são produzidas. Entre elas destacam-se: *Bamford*; *ASKET*; *Del Moment*; *Zilver*; *Chopova Lowena*; *Reformation* (Daisy Murray, 2022).

Atualmente ser uma marca sustentável é um fator favorável que a torna competitiva, sobretudo no mercado jovem e ao longo do tempo tem surgido também o *marketing* sustentável que visa criar coesão entre o cliente e a marca, integrando a sustentabilidade ao *marketing* convencional. Aos 4 P's do marketing convencional juntam-se os 3 do *marketing* sustentável: Público, desempenho e preservação, isto porque, o impacto social e ambiental da peça são fatores mais importantes que se sobrepõem a uma margem de lucros maior (Leonora Fuxman, 2022).

#### **1.4.1. H&M**

A H&M nasceu em 1947 na Suécia, pelas mãos de Erling Persson, insere-se no segmento de *fast fashion* e apesar disso, é uma das marcas mais proactivas no campo da sustentabilidade. A gama *Conscious* nasceu em 2016, trazendo uma preocupação acrescida com as matérias-primas usadas na confeção das peças, ao se introduzir nas coleções algodão orgânico, poliéster reciclado e, mais recentemente, elementos como folhas de ananás, cânhamo e vidro reciclado. O grupo disponibiliza ainda informações sobre as suas

normas e políticas, mas também quem são os seus fornecedores. A H&M pretende que no ano de 2030, apenas se usem matérias-primas de origem sustentável, a marca apresenta também iniciativas de recolha de vestuário usado para posteriormente ser reciclado, e em troca o cliente recebe um *voucher*. Só em 2020, o programa *Garment Collection* recolheu mais de 18 800 toneladas de roupas e têxteis que seriam descartados (H&M, *Let's close the loop*, s.d.).

A defesa da reutilização e da circularidade está cada vez mais presente na marca, que continua a definir regras cada vez mais apertadas no que toca aos seus fornecedores e os critérios que ficam delineados (H&M, *Sustainability Disclosure 2021*, s.d.).

Mais recentemente, na sua coleção lançada em maio de 2022, pelo nome *Cherish Waste*, a H&M inclui novos materiais sustentáveis como a NAIA RENEW (fibra composta por 60% polpa de madeira e 40% poliéster reciclado), Figura 7. Outro material utilizado foi o poliéster reciclado RENU, Aircarbon (biomaterial desenvolvido a partir de microrganismos), REPREEOur Ocean™ material composto por poliéster reaproveitado de plásticos que são recolhidos das costas oceânicas. O *Mirum* foi utilizado na confeção de calçado, este material é desenvolvido através de plantas e minerais.



Figura 7 - Coleção sustentável "*Cherish Waste*"

Fonte: (H&M, 2022)

De entre os materiais sustentáveis que a H&M utiliza destacam-se: (1) tencel; (2) lã reciclada; (3) poliamida reciclada; (4) vegea; (5) circulose; (6) agralooop; (7) orange fiber; (8) renu; (9) aircarbon; (10) renu; (11) mirum; (12) poliéster reciclado (H&M, s.d.).

### 1.4.2. Náz

Náz foi criada em 2016, por Cristiana Costa, na altura estudante de Design de Moda, na Universidade da Beira Interior. Podemos incorporar esta marca no modelo *slow fashion*. Consciente da poluição que a indústria da moda produzia, Cristiana começou por produzir roupas com os desperdícios fabris, é neste sentido que a marca tem como uma das principais preocupações a sustentabilidade de todo o processo que envolve o desenvolvimento de uma peça de roupa. Na página online da marca podemos consultar todos os passos, do início ao fim, um claro sinal de transparência que representa um dos valores definidos pela marca (Cerqueira, 2019). Além deste, destacam-se valores como o respeito pelo ambiente e pela indústria da moda, aquando da escolha dos materiais, denotando uma preocupação com o impacto que a indústria tem no meio ambiente.



Figura 8- Camisa da marca portuguesa Náz

Fonte: (economia, s.d.)

As peças representam minimalismo e intemporalidade (Figura 8), mas também são marcadas por uma visão sustentável no que concerne ao fabrico das peças e na escolha dos materiais, pois a matéria-prima é uma questão de elevada importância para a Náz.

A produção é feita integralmente em Portugal, sendo que algumas das empresas parceiras são a Moodledoodle, Burel Factory, Malhas Pinto Lucas, entre outras. O uso de excedentes de outras confeções reduz significativamente o desperdício de matéria-prima e o gasto de energia torna-se reduzido porque grande parte do processo de fabrico de um tecido é colocado de parte, acabando por diminuir o uso de recursos que na maior parte das vezes são finitos. Ao se esgotarem os ditos desperdícios, são utilizadas fibras como linho e algodão orgânico por serem mais amigas do ambiente ou fibras recicladas, como é o caso da lã (NAZ, s.d.).

### 1.4.3. Insecta Shoes

A Insecta Shoes é uma marca brasileira de calçado, nasceu em 2014, e é uma marca vegana, feita com 100% de materiais reciclados. Um dos componentes das peças é a borracha 100% reciclada, sobras de tecidos desperdiçados, como algodão reciclado e politereftalato de etileno de garrafas recicladas (Figura 9). A marca tem ainda ações para a reciclagem de calçado em fim de vida e os componentes do mesmo são separados, dando origem a novos produtos (Insecta Shoes, s.d.).



Figura 9- Exemplo da marca Insecta Shoes  
Fonte: (Moda, s.d.)

### 1.4.4. Rave Review

A marca sueca Rave Review nasceu em 2017, de uma mistura de ideias entre as suas criadoras, Josephine Bergqvist e Livia Schuck. Todas as coleções da marca advêm de roupa em segunda mão, que é recuperada e reinventada. As criadoras utilizam a técnica *Upcycling* e *Remake* na confecção das peças, que já foram apresentadas na semana da moda de Paris e Estocolmo (Schück, s.d.), Figura 10.



Figura 10- Campanha publicitária da marca sustentável *Rave Review*

Fonte: (Schück, s.d.)

## 1.5. Economia Circular

A economia circular é um conceito que tem como finalidade prolongar pelo máximo de tempo possível o ciclo de vida de um produto, visando reutilizar os materiais de forma a prolongar a vida útil dos mesmos, poupando assim noutras matérias-primas e reduzir desperdícios (Abdelmeguid, 2022). Não obstante, a maior parte dos recursos utilizados não são renováveis, isto porque, o aproveitamento de recursos renováveis é fulcral para o desenvolvimento da sustentabilidade e da circularidade.

Consequentemente, torna-se desafiante e exigente ao aplicar medidas que protejam o meio ambiente, e em contrapartida, existe criação de espaços para as empresas serem mais competitivas e inovadoras na procura de soluções mais sustentáveis e na redução dos seus custos (Parlamento Europeu, 2020).

Segundo o relatório da plataforma *Fashion for Good* e a organização *Apparel Impact Institute*, realizado em novembro de 2021, a indústria têxtil produz anualmente bilhões de peças de roupa, representando emissões de CO<sub>2</sub>, concentradas no processo de extração da fibra, aquando do fabrico e transformação das mesmas e no seu acabamento (Fashion for good, 2021).

Deste modo, é necessário realizar uma transição gradual de uma economia linear para uma economia circular, apesar das dificuldades e adaptações que isso traz para a indústria, também abre novas portas para o desenvolvimento de projetos inovadores.

Um dos principais inimigos da economia circular é o *fast fashion*, praticado por marcas como Zara, Bershka, Mango entre outras, cujas fábricas se encontram, maioritariamente, na China, representando 39% do mercado de exportação de vestuário, estimando-se ainda que cerca de 35% seja desperdiçado (Durocher, 2020). Estas marcas são conhecidas por lançarem uma quantidade avultada de novidades anualmente ou até semanalmente, gerando uma grande pressão sobre os recursos utilizados, além dos impactos danosos constantes sobre o nosso ecossistema.

O ideal seria apostar em vestuário de mais qualidade e que, consequentemente, será mais duradouro. Porém, representa um facto que nem todas as pessoas têm disponibilidade financeira para realizarem tal investimento em produtos com um preço acima da média.

A criação de uma indústria mais ecológica e inovadora envolve a dedicação e compromisso de todos que se encontram no processo de criação de uma peça de roupa, desde o designer, até à produção, marketing, publicidade e também no momento da entregues ao cliente.

Em suma, a economia circular é uma gestão sustentável dos materiais que temos ao nosso dispor, sendo que o responsável pela criação de uma coleção deve à partida, medir o impacto da mesma, ao criar peças que incorporem soluções sustentáveis, quer em termos

dos materiais utilizados, quer na modelagem e forma como a roupa pode ser recuperada (Voicu D. Dragomir, 2022).

Para levar os consumidores a optarem por peças mais ecológicas em detrimento das mais baratas, estas têm de captar a atenção do cliente, ao apresentarem um valor acrescentado e despertar o desejo de consumo. Associado a este fator, é necessário investir na informação e desenvolvimento de comportamentos de consciencialização ambiental (Abdelmeguid, 2022).

Para além disto, é importante educar e informar o consumidor sobre a importância de escolhas mais ecológicas, pois nem todas as pessoas tem a noção do quão prejudicial pode ser a roupa que vestimos diariamente e os nossos hábitos de consumo. Para tal, há que colocar ao dispor dos clientes informações sobre o impacto da roupa, influenciando a população nas suas decisões de compra (Todeschini, 2017).

Se a roupa que deixa de ser utilizada em vez de ser descartada for reciclada, pode-se tornar numa peça de valor acrescentado, permitindo poupar recursos ambientais, aquando fabrico de mais matéria-prima ou no tingimento das peças. Aliado isto, será possível também a reduzir as emissões de CO<sub>2</sub> e evitar que os aterros fiquem com quantidades maiores de excedentes.

A indústria têxtil polui desde o início do seu fabrico até ao seu fim de vida. As matérias-primas naturais envolvem muitas vezes o sofrimento do animal ou o uso em massa de pesticidas prejudiciais para os solos, bem como, no caso das sintéticas, o uso de petroquímicos.

Existem bastantes questões preocupantes na indústria têxtil, não só sobre a matéria-prima utilizada como também pelas condições de trabalho dos colaboradores. Para além disso, algumas destas pessoas estão expostas aos produtos tóxicos, sendo prejudicial à sua saúde. Por fim, as peças são descartadas muitas vezes antes do tempo e acabam em aterros, demorando anos a decomporem-se. É importante termos em foco três aspetos relevantes, a sociedade, a economia e o ambiente, visando a procura de soluções que estabeleçam estabilidade económica, produtos que correspondam ao desejo do cliente, sem prejudicar o ambiente.

Devemos ainda apostar em métodos que nos permitam reduzir os resíduos criados durante todo o ciclo de vida de uma peça. Para isso, é necessário contribuir com o uso de fibras sustentáveis, com modelagem de peças mais eficientes de modo a evitar desperdícios têxteis (Gwilt, 2015).

Neste sentido, os desperdícios têxteis podem ainda ser incorporados noutras setores de atividade industrial, como por exemplo, na construção civil, no isolamento acústico ou até térmico, em feltros para produção de papel, fabrico de tapetes, forros de assentos na indústria automóvel.

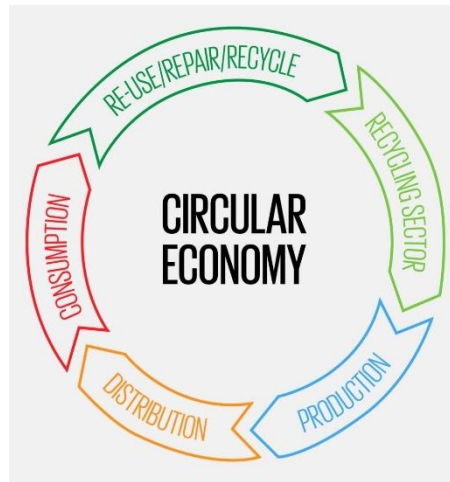


Figura 11- Economia circular  
 Fonte: (Organization, 2020)

A compra de roupa em segunda mão também contribuí para a economia circular, o facto de a população tentar vender ou até doar peças que já não usa, representa uma evolução da consciência das pessoas, face ao peso no desperdício de que uma peça de roupa pode ter no meio ambiente (Shirvanimoghaddam, 2020).

Para uma indústria mais sustentável devemos ter presentes três fatores essenciais, (1) a durabilidade da peça, (2) a sua reutilização e (3) a sua recuperação, Figura 11. O produto deve ser durável e de qualidade para prolongar o tempo de vida útil, podendo também ser possível reparar as peças de roupa ou calçado de modo a evitar desperdícios, quando o produto já não pode ser recuperado entra no processo de descarte. Neste processo a composição das peças de vestuário é de extrema importância, se evitarmos peças que libertem microplásticos durante o seu uso, contribuímos para um menor impacto ambiental.

As fibras sintéticas são inadequadas não só por serem produzidas através de matéria não sustentável como por demorarem vários anos a decomporem-se. Não se deve confundir compostagem com biodegradabilidade, isto porque, a compostagem é realizada quando um material se converte em matéria orgânica através da ação da humidade e de microrganismos.

Os materiais compostáveis são biodegradáveis, no entanto nem todos os materiais biodegradáveis são compostáveis. A compostagem representa um enriquecimento dos solos, durante este processo, estes recebem nutrientes que melhoram os terrenos, enquanto os materiais biodegradáveis simplesmente se decompõem (Path, 2018).

As matérias-primas devem ser renováveis e os processos de produção energeticamente eficientes, devemos apostar em roupas duradouras e deixar de apostar em marcas de *fast fashion*. Vão surgindo no mercado novas marcas, que apostam em fibras inovadoras, obtidas através de desperdícios agrícolas e alimentares, como fibra obtida através da bananeira, desperdícios de produção de ananás.

Exemplo disto, é a *Natural Fiber Welding*, uma empresa inovadora que cria fibras através de desperdícios de cortiça em pó, fibra de coco e óleo de soja que dão origem ao Mirum, um material idêntico ao couro e que pode ser utilizado como matéria-prima para calçado ou para a indústria automóvel (Vision, 2021). A empresa já recebeu diversas distinções e já desenvolveu parcerias com marcas como BMW, H&M, Ralph Lauren, entre outras. Utilizar resíduos de outras indústrias para produzir materiais inovadores amigos do ambiente, é uma solução que atua em duas frentes.

Para a reciclagem da roupa ser realizada de forma mais rápida e eficiente são necessárias algumas alterações na forma como a triagem é realizada. Em suma, a economia circular exige que as empresas se adaptem a novos modelos de negócio, que criem produtos mais duradouros, que nos ajudem a gastar menos recursos naturais e a dar uso ao que nos rodeia, ao invés de utilizar processos economicamente mais viáveis, mas também menos sustentáveis e mais poluentes (Chen, 2021).



## Capítulo II: Biotecnologia nos Têxteis

A biotecnologia resulta de processos tecnológicos com base na biologia, esta faz uso, por exemplo, de processos biomoleculares e celulares para melhorar processos que contribuem para a população. A biotecnologia divide-se em diversas áreas entre elas a biotecnologia médica, agrícola, industrial e ambiental, onde o crescimento e inovações é cada vez mais exponencial (Rinkesh, s.d.).

A forte industrialização e as alterações climáticas daí resultantes são um tema abordado diariamente. Este facto obriga-nos a olhar para o passado e adotar medidas *eco-friendly*, no entanto, com os avanços científicos e o contributo da biotecnologia ajudam esta área a ter novas soluções para as suas problemáticas. Esta área da biologia dá-nos infinitas possibilidades de aplicarmos opções mais sustentáveis no processo de produção da indústria têxtil, mas não só. Os designers desempenham um importante papel, são eles que idealizam uma peça e escolhem a matéria-prima da mesma, a importância das suas escolhas vai ditar o impacto no meio ambiente. Com a evolução da investigação de novos modos de criar vestuário mais sustentável, surge o termo bio fabricação. A bio fabricação é o processo de fabricar matéria-prima através de organismos vivos, que sejam renováveis e não sejam oriundos de matérias-primas tóxicas (Serena Camere, 2018).

Integrar a biotecnologia nos processos têxteis promove um maior respeito pelo ambiente, ajuda-nos a conservar os nossos escassos recursos naturais, diversos tratamentos ajudam as diversas fibras a ter propriedades consideráveis, e permitem tratar os resíduos excedentes da produção têxtil (Gudulkar, 2021).

A biotecnologia pode ser aplicada em vários aspetos da indústria têxtil, através de microrganismos, como na criação de novos materiais, tratamento com enzimas, desenvolvimento de pigmentos e tratamento de resíduos (Ana Maria Mazotto, 2021).

Os biomateriais, biopolímeros, corantes naturais e enzimas podem ser utilizados nos processos têxteis, e a biotecnologia ajuda na melhoria destes procedimentos podendo torná-los mais rápidos e menos dispendiosos. É cada vez mais importante desenvolver produtos inovadores e com características que sejam desejadas pelos consumidores. Os biopolímeros atraem cada vez mais atenção pelas suas características e por se revelarem um contributo para que a indústria seja cada vez mais ecológica (Cristina Carvalho, 2015). Para incorporar ainda mais a biotecnologia nos têxteis é importante obtermos mais informação e também transmitir esta de forma clara aos investidores. Incentivos governamentais são importantes, para ajudar as empresas a adaptarem-se a novos processos e serem aprovadas medidas que obriguem as empresas a serem eticamente responsáveis. Implementar novas formas de produção numa empresa tem custos com

pessoas especializadas e compra de maquinaria adequada, daí a importância de apoios económicos (Mahfuzur Rahman, 2020).

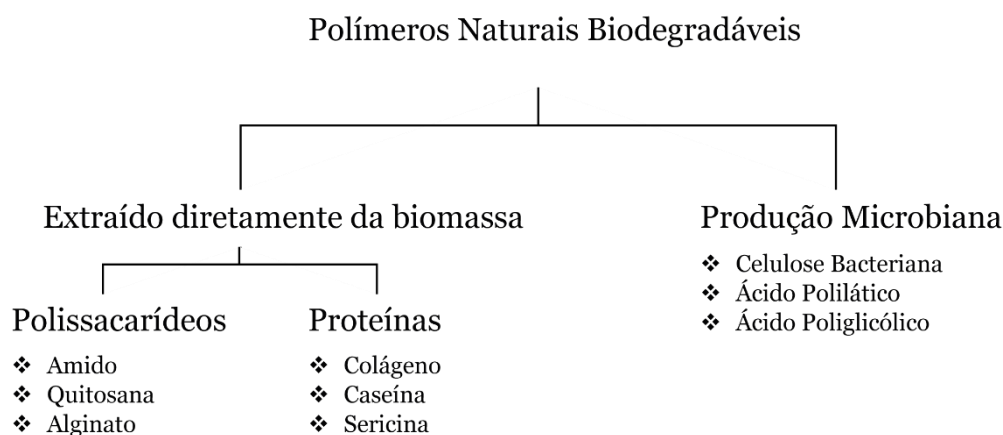


Figura 12- Classificação de polímeros biodegradáveis  
Fonte: (adaptado de Basma M. Eid, 2021)

Assim sendo, podemos identificar alguns biopolímeros, Figura 12, (1) Quitosano - biopolímero desenvolvido através de polissacarídeo com grupos amino, é biocompatível, propriedades antimicrobianas e biodegradável; (2) Ciclodextrina - oligossacárideos cíclicos que resultam da degradação do amido do arroz, milho ou batata, é também biocompatível e biodegradável; (3) Alginato de sódio – polissacarídeo de origem natural que é obtido através da extração de algas marinhas, resulta num produto, biodegradável, com capacidade de bio absorção sem ser um material tóxico (Basma M. Eid, 2021).

## Enzimas no tratamento de têxteis

As enzimas são proteínas com capacidade catalisadora em organismos vivos, e servem como reguladores de reações químicas. A fermentação que ocorre na cozedura do pão, no fabrico de cerveja ou vinho, são processos resultantes de atividades enzimáticas (Britannica, 2010). Tendo em conta a reação catalisadora das enzimas, estas podem ser divididas por categorias: liases, ligases, isomerases, hidrólases, oxidoredutases e transferases. Um exemplo da utilização das enzimas é a substituição do branqueamento clássico por um bio branqueamento. No processo clássico este tratamento é obtido através de uma solução de peróxido de hidrogénio, que pode ficar alojada no tecido e é difícil de retirar (Mahfuzur Rahman, 2020). No entanto se o procedimento for seguido de um tratamento com uso de catálases retira da fibra substratos de peróxido de hidrogénio. O uso de enzimas contribui para processos mais ecológicos e que requerem menos energia, as enzimas podem ser utilizadas no *desizing*, branqueamento ou *biocouring*.

A indústria têxtil contribui em grande parte para a poluição a nível mundial, não apenas pelo facto da utilização de corantes poluentes e tóxicos, como a utilização de químicos perigosos no tratamento de fibras. As enzimas podem substituir estes agentes nocivos, tais como as lipases, amilases, proteases, entre outras (Arpit Shukla, 2021).

As enzimas são compostas por aminoácidos. Os aminoácidos têm a capacidade de acelerar reações químicas por serem catalisadores biológicos. Os tratamentos têxteis realizados nos têxteis são geralmente realizados por enzimas microbianas. Estas podem ser utilizadas em várias etapas dos processamentos têxteis, como na desengomarem dos têxteis, lavagem de *jeans* ou serem impregnadas nos biopolímeros. As enzimas microbianas têm vantagem em relação às enzimas vegetais, pelo seu crescimento ser mais rápido, são mais estáveis e o crescimento das mesmas não está dependente de sazonalidades. No processamento das fibras de algodão as enzimas são utilizadas na remoção de impurezas do tecido, acabamentos, *bio-stoning* ou *'stonewashing'* para imitar o envelhecimento de tecidos como é exemplos nos *jeans* (Amit Madhu, 2017). O uso de enzimas é um processo mais sustentável, reduz o consumo de água, conserva energia, poupa recursos e redução das emissões de CO<sub>2</sub>. (Basma M. Eid, 2021) A empresa francesa Carbios, por exemplo, desenvolve novos métodos de tratar resíduos em fim de vida, neste caso usam enzimas nomeadamente a C-Zyme para degradar polímeros plásticos, nomeadamente PET (Politereftalato de etileno) e PLA (Ácido Polilático).

Na abela 2 apresentamos alguns exemplos de enzimas microbianas aplicadas no processamento têxtil:

Tabela 2- Utilização de enzimas na indústria têxtil  
Fonte: (Adaptado de Ana Maria Mazotto, 2021)

<b>Aplicação</b>	<b>Enzimas</b>	<b>Microrganismo</b>
<i>Desizing</i>	Amilases	<i>Aspergillus sp.</i>
<i>Scouring</i>	Pectinases	<i>Aspergillus niger</i>
<i>Dyeing</i>	Lacases	<i>Pleurotus ostreatus</i>
<i>Bio-polishing</i>	Cutinases	<i>Fusarium solani</i>
<i>Denim finishing</i>	Celulases	<i>Penicillium occitanis</i>

## 1. Biopolímeros

Hoje temos ao nosso dispor uma grande diversidade de fibras podendo dividi-las em fibras naturais, artificiais e sintéticas. Dentro das fibras naturais encontramos as fibras as derivadas de animais, de vegetais e minerais. As fibras artificiais podem ser totalmente sintéticas ou derivados de polímeros naturais (Kiron, 2021). Com o avançar de novas descobertas sobretudo no campo dos polímeros sintéticos, várias fibras são predominantes no mercado pelo seu baixo custo como é o caso do poliéster. No entanto, uma roupa que

tenha como matéria-prima esse tipo de fibra demora anos a decompor-se, um dos grandes problemas da indústria têxtil, os seus desperdícios e a forma como estes afetam o nosso ecossistema. Os biopolímeros surgem como uma alternativa sustentável às fibras convencionais. Podemos definir o biopolímero como um polímero produzido por organismos vivos, como por exemplo o alginato ou a carragenina que são polissacáridos obtidos através de algas. Algumas das fontes para produção destes polímeros são algas, fungos, bactérias e leveduras. Para a sua introdução no mercado este material deve ser biodegradável, biocompatível, não tóxico e exibir propriedades que o tornem comercializável. Existem duas formas para a sua produção, por meio de fermentação dos ditos microrganismos ou por produção *in-vitro*, e podemos classificá-los com base naquilo em que são produzidos: polímeros à base de açúcar; polímeros com base no amido; polímeros com base na celulose; polímeros baseados em matérias artificiais. Os polímeros são criados numa solução, num fermentador ou bioreator, onde se desenvolvem, e depois de se transformarem numa membrana, as membranas são lavadas para remover impurezas e são secas à temperatura ambiente (Hassan, 2019).

Os biopolímeros podem ser utilizados na indústria têxtil como matéria-prima para tecidos, como agentes aglutinantes e como agentes espessantes na estampagem de têxteis contribuindo para uma maior qualidade e nitidez da estampagem. Estes podem fazer parte do processo de acabamento de tecidos graças às suas propriedades antimicrobianas.

Um dos biopolímeros mais conhecidos é a celulose que pode ser encontrada em plantas, algas, fungos e bactérias. Embora o uso de biopolímeros seja ainda algo pouco explorado, num futuro próximo podem ser implementados novos estudos que venham complementar a informação existente acerca do uso dos mesmos. É imperativo criar recursos para criar materiais mais sustentáveis que sejam biodegradáveis e oriundos de fontes renováveis. Os biopolímeros são sem dúvida a opção mais sustentável para produzirmos as nossas roupas, no entanto é importante continuar a aperfeiçoar a produção dos mesmos, de modo a tornar o desenvolvimento mais rápido e a um custo menor. (Jahandideh, 2021).

Deste modo, tem sido desenvolvido um projeto da plataforma *Fashion For Good*, ‘*Untapped Agricultural Waste Project*’ que tem como objetivo investigar e investir no reaproveitamento de resíduos agrícolas para o desenvolvimento de fibras têxteis. Neste projeto entram empresas de materiais inovadores como *AltMat*, *Bananatex*, *Chlorohemp Agraloop by Circular Systems*, *HempTex India* e *9Fiber* (Fashion for good, 2022).

## 1.1. Exemplo da Celulose Bacteriana

A celulose bacteriana (CB) é um composto orgânico, tem uma estrutura tridimensional, é um polímero ecológico e obtido através de fontes renováveis, é biodegradável e não representa perigo no contacto com a pele humana. Algumas das suas características inerentes são a sua resistência à tração, estabilidade térmica e cristalinidade. Desperdícios agroalimentares como vinho, cerveja e leite podem ser utilizados para produção de CB. A indústria alimentícia gera bastantes desperdícios anualmente, e estes podem ser reaproveitados como substratos no desenvolvimento de CB ou com nutrientes para o crescimento de outros microrganismos (Ana Paula Provin, 2021).

Num artigo realizado por investigadores do centro nacional de pesquisa do Egipto, os desperdícios de casca de batatas são descritos como uma fonte de produção de CB, através da proliferação da bactéria *Gluconacetobacter xylinus* (Houssni El -Saied, 2019).

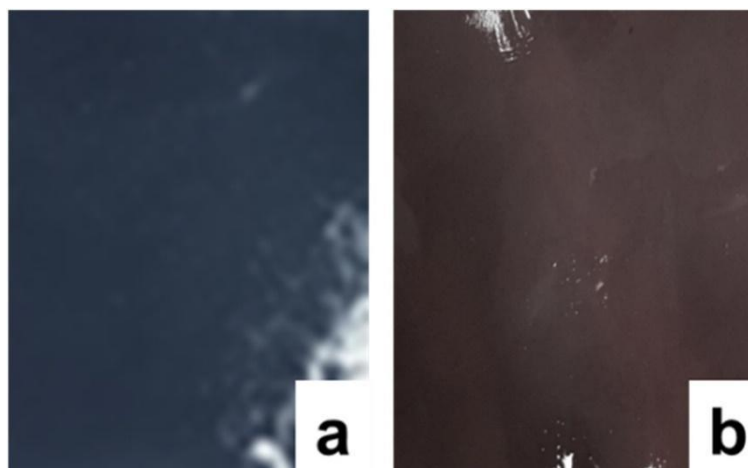
A CB pode ser produzida por diversos microrganismos como a *Acetobacter*, *Azotobacter*, *Agrobacterium* e *Alcaligenes* entre outras, e a estrutura da CB é distinta e varia conforme a bactéria da qual foi produzida. A CB desenvolve-se a partir da fermentação das leveduras com uma cultura simbiótica de bactérias, SCOBY ou “*symbiotic culture of bacteria and yeast*”. Existem métodos distintos de obter CB, como a cultura estática, que se caracteriza pelo acumular de diversas películas de celulose, que à medida que se vão formando ficam em contacto com a cultura simbiótica. A produção de celulose varia entre 7 a 10 dias, este processo encontra-se dependente da velocidade a que as bactérias se reproduzem.

Por sua vez, a cultura de agitação promove um maior fornecimento de oxigénio às bactérias, para que estas se desenvolvam com mais rapidez, mas não existe uma diferença significativa na produção de CB (Jing Wang, 2019). Através das reações enzimáticas, a glucose presente na solução é polimerizada e é aí que as membranas de CB se desenvolvem, através do metabolismo celular (Fátima, 2021).

No entanto, a principal fonte para a produção de CB é a fermentação da bebida próbiotica de *Kombucha*, uma bebida oriunda da china benéfica para a saúde, por conta dos antioxidantes presentes e também ácido glicurónico (propriedades antioxidantes) e ácido acético (propriedades antimicrobianas). O chá verde e preto podem ser utilizados para a produção de CB, e são obtidos através de folhas *Camelia sinensis* L., ambos os chás têm na sua composição fenólicos, mas em quantidades diferentes o que interfere nas propriedades do resultado final (Rodrigo Rezende Cardoso, 2020).

As películas de CB variam de espessura conforme o tempo em que estiveram em contacto com a cultura de leveduras, depois de secar a película fica com um aspeto idêntico ao do couro animal usado na indústria do calçado por exemplo (Reeta Rani Singhanian, 2022).

É imperativo procurar novas fontes de produção, mais baratas que permitam criar uma alternativa à escala industrial. Isto pode ser obtido através da utilização de novas estirpes bacterianas que se desenvolvam num curto espaço de tempo e tornem o processo mais rápido (Ana Paula Provin, 2021). Num estudo realizado por investigadores da Universidade Federal de Pernambuco, Brasil, foi testado o tingimento de celulose através de pigmentos naturais.



a) Pigmento das flores de *Clitoria ternatea*    b) Pigmento das flores de *Hibiscus rosa-sinensis*

Figura 13- Tingimento de celulose com pigmentos naturais  
Fonte: (Andréa Fernanda de S. Costa, 2019)

O pigmento da flor *Clitoria ternatea* foi extraído através de uma solução de etanol, e colocado em agitação durante 3 horas. A cor obtida foi um azul-claro. As flores de *Hibiscus rosa-sinensis* foram desidratadas em água deionizada. As soluções foram aquecidas a 90°C, no processo de tingimento foi aplicado um mordente para que o resultado do tingimento obtivesse melhores resultados. Após o tingimento as películas foram lavadas em água destilada, Figura 13 (Andréa Fernanda de S. Costa, 2019).

## 1.2. Exemplos de aplicação de biopolímeros

Diversas marcas apostam em produtos inovadores, a sustentabilidade é o futuro e os consumidores estão cada vez mais atentos aos componentes das suas peças. Algumas marcas lançam parcerias com empresas tecnológicas e apresentam soluções conscientes e que abrem a porta a outras mudanças.

A *Biofabricate* é uma empresa com sede em Nova Iorque especializada em consultoria sobre bio fabricação, *design* e prototipagem de produtos concebidos através de biopolímeros, Figura 14. Tudo começou com a fundadora e CEO da empresa, Suzanne Lee, conheceu David Hepworth que se começou a interessar pela ligação existente entre a biotecnologia e os têxteis. Em 2003 começa a trabalhar com matéria microbiana, e chamou

a este processo “*biocouture*”, este conceito se refere á forma como as bactérias nos ajudam a produzir a nossa própria roupa. Podemos ver algumas das criações da designer em que esta usa celulose bacteriana (Fabricate, s.d.).



Figura 14- Peça desenvolvida pela *Biofabricate*  
Fonte: (Feiras, 2014)

Há vários organismos que podem produzir material útil para fabricar peças de roupa (Suzanne Lee, 2014). Neste caso a designer utilizava kombucha, uma bebida oriunda da China com bastantes benefícios para a saúde, mistura esta solução com leveduras e açúcar e dá início ao processo de fermentação, até formar películas que posteriormente deram origem às peças que hoje podemos observar. A pandemia de Covid-19 trouxe restrições, e com isso o uso obrigatório de máscaras que se tornaram uma nova fonte de poluição. Os designers Elizabeth Bridges e Garrett Benisch do Sum Studio fabricaram a máscara *Xylinum*, através de CB o que a torna num material totalmente descartável, Figura 15 (Bioökonomie, 2020).



Figura 15- Máscara de proteção individual produzida através de celulose bacteriana  
Fonte: (Bioökonomie, 2020)

Riina Ôun é um *designer* que se dedica ao estudo de desenvolvimento de produtos de biodesign. Riina produzia malas e acessórios através do cultivo de celulose bacteriana,

foram ainda utilizados óleos naturais e ceras que resultaram num produto flexível, forte e hidrofóbico, Figura 16 (Õun, 2020).



Figura 16- Mala da designer Riina Oun  
Fonte: (Õun, 2020)

A Bolt Threads foi criada em 2009, e tem como objetivo a produção e desenvolvimento de fibras de alto rendimento que não sejam prejudiciais ao meio ambiente, explorando sobretudo a área dos biopolímeros. A marca já apresentou vários produtos, em 2012 surgiu a primeira fibra de seda de aranha, em 2017 surgiu a *microsilk* e em 2018 o biopolímero *Mylo*, Stella McCartney já realizou várias parcerias com a empresa (Threads, s.d.).

A Bolt inspira-se na natureza para criar materiais amigos do ambiente onde os produtos químicos são excluídos por completo. Hoje os principais produtos da marca são o *Mylo*, *Proteína B-silk* e *Microsilk*.

*Mylo* é uma espécie de couro obtido através da proliferação de micélio que é o nome dado a uma colónia de fungos e bactérias que com o tempo se torna numa ramificação. Tem propriedades como um toque macio, ser flexível e ser sustentável. As células são cultivadas em matéria orgânica e desenvolvem uma espécie de rede que depois de processada vai resultar no material que é comercializado. É a solução ideal para quem quer um material idêntico ao couro, mas sem utilizar produtos sintéticos, nem colocar o bem-estar animal em causa, o produto tem um baixo impacto ambiental, e é um ponto de partida para novos artigos. (Mylo, s.d.). A *Bolt Threads* já realizou algumas colaborações com marcas de moda.

A *Bolt Threads* em colaboração com a Adidas desenvolveu uma nova versão dos ténis *Stan Smith*, que são uma referência da marca. Isto permite denotar uma grande evolução para o expandir dos biopolímeros.





Figura 17- Tênis *Stan Smith* da Adidas em parceria com a *Bolt Threads*  
Fonte: (Threads, 2022)

Stan Smith é uma das versões mais icônicas da Adidas, o facto deste couro inovador ser utilizado num produto que por si só já é um sucesso pode resultar numa maior aceitação por parte dos consumidores, Figura 17 (Adidas, 2021).

Em 2021 a criadora Stella McCartney desenvolveu umas calças e um corpete utilizando *Mylo*, Figura 18. Ao longo do tempo os processos ficam mais refinados e eficazes, o que representa mais facilidade na hora de confeccionar o produto. As dimensões da matéria-prima dificultavam a modelagem das peças, estas tinham de se adaptar, hoje existe uma maior variedade e escolha das características (Farra, 2021).

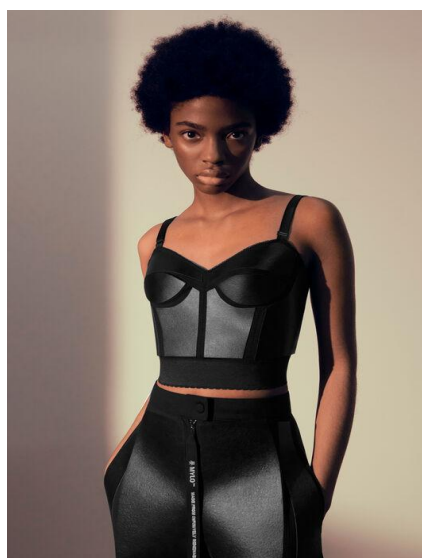


Figura 18- Coleção de Stella McCartney em colaboração com a *Bolt Threads*  
Fonte: (Farra, 2021)

Em 2017, Stella McCartney produziu um vestido em que o material utilizado foi *Microsilk*, Figura 19. Algumas das propriedades dessa seda são a elasticidade, durabilidade e alta resistência a tração. Para a produção desta fibra são desenvolvidas proteínas inspiradas na seda natural, esses genes são colocados em leveduras, as proteínas são formadas através

de processos de fermentação. O vestido foi exposto no MoMA (museu da arte moderna de Nova Iorque).



Figura 19- Vestido elaborado por Stella McCartney, produzido através de *Microsilk*, em parceria com a *Bolt Threads*  
Fonte: (Threads, s.d.)

Em julho de 2019 foi lançado o *Biofabric Tennis Dress* fabricado com *Microsilk* e celulose, em parceria com a Adidas e Stella McCartney. O vestido é biodegradável graças ao facto desta fibra ser composta por bactérias e sem produtos sintéticos, Figura 20 (Threads, s.d.).



Figura 20- "*Biofabric Tennis Dress*" elaborado por Stella McCartney em parceria com a *Bolt Threads*  
Fonte: (Threads, s.d.)

A Lululemon foi fundada em 1998 e está direccionada para o setor da moda desportiva, a marca compromete-se a desenvolver produtos mais sustentáveis, amigos do ambiente e da população em geral. Para alcançar esse objetivo, em julho de 2021, a Lululemon juntou-se à *Bolt Threads* para desenvolverem produtos em que a matéria-prima é o biopolímero *Mylo* (Lululemon, 2021).



Figura 21- *Mylo Collection*, da Lululemon em parceria com a *Bolt Threads*  
Fonte: (Mylo, 2022)

Neste sentido a marca de desporto criou duas malas de ginásio e um tapete de yoga inteiramente feito com *Mylo*, um material que se revela versatilidade e é esteticamente apelativo, Figura 21. Os produtos foram integrados na gama *Science of Feel*, em que um produto para além de ter um desempenho e qualidade superiores tem de ter a capacidade de dar ao utilizador uma capacidade sensorial e de sentir que está perante um produto que é confortável na sua utilização (Mylo, 2022).

## **2. Pigmentos vs. Corantes**

### **2.1 Corantes Sintéticos**

Os corantes são compostos orgânicos, geralmente solúveis em água, que absorvem fotões e de seguida refletem cores, os corantes sintéticos são muito apelativos devida à sua solidez e preço baixo (Suhail Ayoub Khan, 2021).

Foi pelas mãos de William Henry Perkin, químico londrino, em 1856, que surgiu o primeiro corante sintético a nível mundial, Malva, Figura 22. Este primeiro corante foi obtido através da oxidação de anilina com dicromato de potássio. Este foi o ponto de partida para o desenvolvimento de outros corantes sintéticos, a partir desse momento os pigmentos naturais entraram em desuso, os corantes sintéticos são obtidos de forma mais rápida e mais barata.

Esta descoberta foi útil para o processo de tingimento têxtil para também uma evolução no campo da indústria química. Anos mais tarde pela mão de Verguin, um químico Francês, surgiu a cor Magenta produzida através de anilina. A sua cor e o facto de ter um rendimento muito maior que a malva tornaram-no num corante de sucesso (McLaren, 1986).

A indústria dos corantes sintéticos teve impacto sobretudo na França, Alemanha e Grã-Bretanha (Fiadeiro, 1993). Em 1914 a Alemanha era a capital da produção de corantes sintéticos, concentrava no país 90% da produção mundial. Os corantes devem ter boas propriedades de solidez à luz, lavagem, humidade e criarem uma boa afinidade com a fibra, a isso dá-se o nome de substantividade. Através da adsorção e relações iónicas ou covalentes, os corantes vão fixar-se na fibra. Porém, durante a primeira guerra mundial a investigação e comercialização dos corantes sintéticos abrandou. Decorria o ano de 1956 quando os corantes reativos foram introduzidos no tingimento de fibras de algodão (David R. Waring, 1990).

*“Perkin made the experiment and there resulted in a black molasses-like mass, very far removed from the white crystal he was hoping for. But by testing this with various of chemicals, he found that hot alcohol dissolved part of it, and turned it into a violet liquid which had the power to dye silk and wool the same bright colour.”* Ludwig Diserens e Paul Wengraf em *The Chemical Technology of Dyeing and Printing* (1948) (Timeline, 2019)



Figura 22-Vestido tingido com o corante “Malva” de Perkin  
Fonte: (Museum, 2019)

Com o rápido desenvolvimento de vários corantes, deu-se origem ao “*Colour Index*”, que é considerado o dicionário dos corantes, para facilitar o entendimento da nomenclatura de corantes, Tabela 3 (Mário de Araújo, s.d.).

Tabela 3- Algumas classes de corantes sintéticos e solubilidade  
 Fonte: (Adaptado de Jyotshana Sharma, 2021)

<b>Solúveis</b>	<b>Insolúveis</b>
Ácidos	Enxofre
Básicos	Dispersos
Reativos	Cuba
Diretos	

No campo dos corantes solúveis, os corantes diretos são indicados para fibras celulósicas demonstram também boa afinidade com a lã, no entanto geralmente revelam pouca solidez á luz. Os corantes básicos demonstram afinidade com fibras acrílicas e também com seda e lã, revelam cores brilhantes e intensas. Igualmente para as fibras de lã, seda e *nylon* são adequados os corantes ácidos, estes não possuem afinidade com fibras celulósicas. Os corantes reativos revelam boa resistência á luz e alguma resistência á lavagem, são indicados para o tingimento de fibras de celulose. Nos corantes insolúveis em água, os corantes de tingimento em cuba tornam-se solúveis pelo uso do agente redutor hidrosulfito de sódio, revelam uma boa solidez da cor e tingem fibras como algodão, viscose e rayon. Os corantes dispersos tingem fibras como acetato de celulose, poliéster, acrílico e nylon, demonstram um tingimento estável. Os corantes de enxofre são utilizados para tingir fibras celulósicas, o sulfeto de sódio é o agente redutor que torna este tipo de corantes solúveis (Upadhye, 2021). A indústria dos corantes sintéticos atingiu o seu auge de produção no seculo XIX (Hagan, 2021). Os corantes sintéticos podem também ser classificados consoante a sua estrutura química. Podemos dividi-los entre, Tabela 4:

Tabela 4- Corantes sintéticos e a sua estrutura química  
 (Adaptado de Mohamed Berradi, 2019)

Corante azo
Corantes de antraquinona
Corantes de índigo
Corantes de xanteno
Corantes de ftalocianina
Corantes nitrados e nitrosados
Corantes de difenilmetano e trifenilmetano
Corantes polimetínicos

Estima-se que entre 17% a 20% da poluição aquática advenha da indústria têxtil, o processo de tingimento é dos procedimentos que mais contribui para a contaminação de águas. Cerca de 15% dos corantes são desperdiçados durante o tingimento, estes vão acabar por poluir os circuitos de água e o subsolo (Jyotshana Sharma, 2021).

Um das grandes percentagens dos corantes sintéticos são tóxicas e potencialmente cancerígenas. Estes demonstram grande resistência aos tratamentos físico-química, e por não possuírem biodegradabilidade facilmente poluem efluentes aquáticos, isto cria um elevado desequilíbrio no meio aquoso. A água pode descolorar-se e a fotossíntese por parte da fauna aquática torna-se impossível devido à impossibilidade de transmissão de luz solar. Com as grandes concentrações de produtos tóxicos, estes propagam-se pela cadeia alimentar, contaminando os seres vivos que se reproduzem em água doce. Os corantes azo destacam-se como os mais poluentes, seguidos dos catiónicos (Mohamed Berradi, 2019). Existem alguns métodos para o tratamento de resíduos, através de filtração, floculação, adsorção, oxidação química ou seguir os métodos biológicos, através de enzimas ou microrganismos (Chandrakant R. Holkar, 2016).

## **2.2 Pigmentos Naturais**

Pigmentos são compostos coloridos, geralmente orgânicos e insolúveis que se dispersam por meio de um aglutinante, que pode ser cera, ovo ou óleo, depende do fim para que o pigmento é utilizado. Se este se dissolver em líquido, não chamamos de pigmento, mas sim de corante. As células presentes nos nossos olhos, cabelos e pele, são também constituídos por pigmentos que lhes dão pigmentação (Guimarães, 2018). É a estrutura molecular, a morfologia e o tamanho de partícula que vai determinar as propriedades de um pigmento (A. Orona-Navar, 2021).

Os pigmentos podem ser utilizados para tingimentos têxteis, na indústria alimentar, indústria farmacêutica e de cosmética e até como registo histórico, como é exemplo na pré-história (Yusuf M. S., 2017).

Desde a idade da pré-história que os pigmentos foram usados pelo humano, maior parte das vezes para deixar marca da sua passagem. Os materiais naturais começaram a ser utilizados para produzir pigmentos na Idade da Pedra. Um dos melhores exemplos que temos são as pinturas rupestres de Lascaux em França, da era do Homem do Cro-magnon, Figura 23 (McLaren, 1986).



Figura 23-Pinturas rupestres de Lascaux  
Fonte: (Gomes, 2017)

Os pigmentos eram obtidos através de plantas, animais, frutas, insetos e sobretudo minerais. O homem usava na época do paleolítico duas cores predominantes, o vermelho (óxido de ferro) e o preto (carvão), a palavra pigmento deriva do latim *pigmentum* que significa pintar (Chemistry, s.d.).

*“Cor nobre e bela, a mais perfeita de todas as cores, da qual nada se pode dizer ou fazer que a sua qualidade não ultrapasse”*. Cenini, 2003, Il libro dell'arte

Um dos pigmentos naturais mais importante é o azul ultramarino. Esta cor era obtida através do lápis-lazúli, uma pedra semipreciosa, maior parte das vezes explorado no Afeganistão. Um dos elementos minerais que formava o lápis-azul era a lazurite, os componentes minerais necessitam de ser separados para que o azul sobressaia, nomeadamente da calcite e perite. Outro pigmento de elevada importância foi o cinábrio, um sulfureto de mercúrio de tom vermelho. Teve uma importância exponencial na época romana. A azurite (azul) de origem da Arménia e malaquite (verde) oriunda da Macedónia, são dois pigmentos idênticos no que toca as suas propriedades, estes caracterizam-se pela sua cor de pouca intensidade (Cruz, s.d.).

No ano de 4000 a.C. os egípcios exploraram o estudo da pigmentação e posteriormente no ano de 3000 a.C. surgiu o azul egípcio, composto por cobre, cálcio e areia. Estes cobriam os corpos dos falecidos com panos vermelhos de linho, pois associavam essa cor à luta e à coragem. Um dos pigmentos utilizados era o *Madder* obtido através da planta *Rubia tinctorum*, pigmento encontrado no túmulo do faraó Tutancâmon. O pigmento verde era extraído de um mineral de nome malaquita, o azul-esverdeado obtido através da azurita, também um mineral, estes eram esmagados e depois usados como pigmentos. Mais tarde

o povo romano utilizou os pigmentos desenvolvidos pelos egípcios e introduziram um pigmento de cor roxa, o *Tyrian*.

A cor era obtida a partir de moluscos nomeadamente o *Murex trunculus* e *Purpura haemastoma*. Por ter um custo de produção elevado, o pigmento roxo era símbolo de riqueza e prestígio, eram necessários cerca de 12 mil moluscos para tingir um metro de tecido. Na época romana, os seus tintureiros eram caracterizados conforme a cor que tingiam os “*purpurarii*” tingiam o púrpura, “*violarii*” o azul, “*flammarii*” o vermelho e os “*crocotarii*” o castanho (Fiadeiro, 1993).

Na época medieval e renascentista os tons mais usados eram os claros, alguns pigmentos eram extraídos de insetos. O azul era considerado na época, sinal de pureza, e sendo considerado um pigmento nobre daí ser usado nas representações da Virgem Maria. No século XV ficou marcado pela substituição do ovo que servia de aglutinante para o uso de óleo, esta descoberta está atribuída ao pintor Jan van Eyck. Durante anos o fabrico de pigmentos era oriundo de minerais que eram esmagados e moídos até se transformarem em pó (J.R. Barnett, 2006).

Na tabela 5, podemos encontrar pigmentos antigos que possuem substantividade:

Tabela 5- Substantividade dos pigmentos  
Fonte: (Adaptado de McLaren, 1986)

<b>Pigmento</b>	<b>Origem</b>	<b>Fibra</b>	<b>Cor</b>
Anato	<i>Bixa orellana</i>	Animal e vegetal	Laranja
Henna	<i>Lawsonia alba</i>	Animal	Laranja
Cártamo	<i>Carthamus tinctorius</i>	Animal e vegetal	Vermelho
Açafrão	<i>Crocus sativus</i>	Animal	Amarelo/Laranja

No passado a cor do nosso vestuário tinha uma importância extrema, o vermelho por exemplo era símbolo de elevado estatuto, de autoridade e imponência. O facto de esta cor ser limitada aumentava a procura. Para os tecidos adquirirem este tipo de cores, eles passam pelo tingimento, um processo onde fibras, fios ou tecidos são submersos numa solução onde os corantes ou pigmentos irão penetrar a fibra (Makhula, s.d.). O registo do primeiro tingimento é do ano 2600 a.C.

Hoje o processo de tingimento tem várias etapas até estar concluído, estes processos dependem do tipo de fibra a ser tingida e do corante utilizado. O tingir de um tecido vai da fixação do corante na fibra e os banhos de lavagem que são feitos posteriormente para eliminar resíduos dos tecidos. Uma das principais propriedades que os consumidores apreciam nos têxteis é a capacidade de fixação dos corantes, para que estes não desbotem nas lavagens (Zanoni, 2000).



Os corantes sintéticos apesar de amplamente utilizados, não só na indústria têxtil como na indústria alimentar, onde estes podem causar alterações metabólicas e envelhecimento celular irregular, estes estão dependentes de fontes não renováveis como o petróleo.

A água é primordial na tinturaria o que conseqüentemente dá origem a grandes volumes de águas residuais que se não forem tratadas vão contaminar os solos, para além disso, estes subprodutos possuem propriedades cancerígenas, tóxicas e teratogénias. Os pigmentos naturais são derivados de plantas, animais, minerais ou com origem em microrganismos. Os pigmentos de origem microbiana têm um crescimento mais rápido, meio de cultura mais acessível e não dependem de condições externas para se desenvolverem, estes geralmente desenvolvem-se em laboratório num ambiente controlado. Estes têm também uma boa biodegradabilidade e são compatíveis com o ecossistema.

Os corantes podem ser classificados tendo em conta vários parâmetros, eles diferem com base no método de tingimento, estrutura química e na sua origem, como se pode observar na Tabela 6:

Tabela 6- Classificação de corantes  
Fonte:(Adaptado de Yusuf M. S., 2017)

<b>Método de aplicação</b>	<b>Estrutura Química</b>	<b>Origem</b>
Mordentes	Indigoides	Vegetal
Corantes de Cuba	Piridinas	Animal
Diretos	Carotenóides	Origem Microbiana
Ácidos	Quinonóides	Mineral
Básicos	Flavonóides	
Dispersos	Dihidropirano	
	Betalaínas	
	Taninos	

Os pigmentos de origem vegetal correspondem à maior percentagem dos pigmentos naturais, estes podem ser obtidos através de raízes, caules de flores e plantas. Na Índia existem cerca de quatrocentas e cinquenta plantas com capacidade para produzir corantes. Insetos como a cochonilha ou o kermes dão origem a um pigmento de cor vermelha, obtidos através da exsudação dos corpos destes mesmos insetos. Os corantes vegetais infelizmente não são uma solução eficiente, pois podem esgotar-se ao longo do tempo e pode colocar espécies em perigo (Narsing Rao, 2017). Os pigmentos de origem mineral são obtidos através sais metálicos inorgânicos e óxidos metálicos (Yusuf M. S., 2017).

### 2.2.1. Pigmentos microbianos

A indústria têxtil é um dos maiores consumidores de corantes, mas a indústria alimentar também faz uso dos mesmos. Dentro dos pigmentos microbianos podemos encontrar os obtidos através de fungos, microalgas ou bactérias, Tabela 7. Cada vez mais os corantes sintéticos vêm progressivamente a ser substituídos pelos pigmentos naturais, nomeadamente pigmentos microbianos, que têm características benéficas para o ser humano. Os pigmentos podem ser classificados com base na sua estrutura.

A utilização industrial destes pigmentos ainda é baixa, os pigmentos obtidos são produzidos em baixa concentração. Uma das soluções para desenvolver e aumentar o rendimento da produção de pigmentos de origem microbiana é manipular o DNA das estirpes bacterianas de modo a aumentar o metabolismo das mesmas, ou adicionar fontes de azoto ou carbono. Os microrganismos desenvolvem-se mais rapidamente perante situações de *stress*, como estarem expostos a altas temperaturas, pressões osmóticas ou existência de metais pesados (Arul Aruldass, 2018).

Tabela 7- Pigmentos obtidos através de microrganismos  
Fonte: (Adaptado de Kamla Malik, 2012)

<b>Microrganismos</b>		
<b>Bactérias</b>	<b>Pigmentos</b>	<b>Cor</b>
<i>Agrobacterium aurantiacum</i>	Astaxantina	Vermelho/Rosa
<i>Bradyrhizobium</i> sp.	Cantaxantina	Vermelho Escuro
<i>Bradyrhizobium</i> sp.	Indigoidina	Azul
<i>Serratia marcescens</i> , <i>Serratia rubidaea</i>	Prodigiosina	Vermelho
<i>Chromobacterium violaceum</i>	Violaceina	Roxo
<i>Chryseobacterium</i> sp.	Flexirubina	Amarelo
<b>Microalga</b>	<b>Pigmentos</b>	<b>Cor</b>
<i>Dunaliella salina</i>	$\beta$ -caroteno	Vermelho
<b>Fungos</b>	<b>Pigmentos</b>	<b>Cor</b>
<i>Fusarium sporotrichioides</i>	Licopeno	Vermelho
<i>Monascus roseus</i>	Cantaxantina	Laranja/Rosa
<i>Monascus</i> sp	Ancaflavina	Amarelo
<i>Cordyceps unilateralis</i>	Naftoquinona	Vermelho escuro

### 2.2.1.1. Pigmentos bacterianos

Dentro dos pigmentos microbianos encontramos os bacterianos extraídos de bactérias. Os microrganismos são utilizados na produção de enzimas, antibióticos e pigmentos. Aqui pode residir uma opção viável e uma solução para reduzir a utilização de corantes sintéticos, no entanto é essencial continuar a trabalhar nas estirpes bacterianas para as melhorar e poderem ser usadas a nível industrial. Há condicionantes no que toca à produção destes pigmentos, como por exemplo a incidência de luz no local, pH e a temperatura. Quando estamos a desenvolver experiências é recomendado seguir todas as recomendações em relação à temperatura adequada para produção dos pigmentos para que não existam mutações (Nur Nasha Musa, 2019).

Existem diversos tipos de pigmentos bacterianos como por exemplo os carotenoides, que se dividem entre duas classes, xantofilas e carotenos. As melaninas subdividem-se em eumelaninas, feomelaninas e alomelaninas. Estes compostos são produzidos por microrganismos como *Magnaporthe grisea*, *Vibrio cholerae*, *Sporothrix schenckii*, entre outros. A prodigiosina é um pigmento de cor rosa/vermelho com propriedades antibacteriana e antifúngicas, este pode ser produzido através de bactérias como *Rugamonas rubra*, *Vibrio gazogenes*, *Pseudomonas magnesorubra*, entre outras (Narsing Rao, 2017).

Por sua vez, a Violaceína é um pigmento de cor roxa, advém de microrganismos como *Janthinobacterium lividum*, *Microbulbifer sp.*, *Pseudoalteromonas luteoviolacea*, tem propriedades antibacterianas e anticancerígenas. A Riboflavina é um pigmento de cor amarela/esverdeada, é composto por coenzimas e flavinas. A Piocianina é um pigmento azul com propriedades antibacterianas e antifúngicas, é produzida pela bactéria *Pseudomonas aeruginosa* (Narsing Rao, 2017).

Os pigmentos bacterianos caracterizam-se pelos meios de cultivo simples, fermentação rápida e ampla seleção de estirpes (Usman HM, 2017). Cada bactéria tem a capacidade de desenvolver um pigmento, estes revelam propriedades interessantes, que os tornam soluções ainda mais promissoras, Tabela 8.

Tabela 8-Pigmentos bacterianos e as suas propriedades

Fonte:(Adaptado de Celedón RS, 2021)

<b>Pigmento (cor)</b>	<b>Bactéria</b>	<b>Propriedades</b>
Violaceína (roxo)	<i>Janthinobacterium</i> <i>Alteromonas</i> <i>Collimonas</i> <i>Chromobacterium</i>	Antiparasitário Antiviral Anti tumoral Anticancerígeno
Indigoidina (azul)	<i>Streptomyces</i> <i>Vagosella</i>	Antioxidante

	<i>Arthrobacter</i> <i>Corynebacterium</i>	
Melanina (castanho)	<i>Bacillus</i> <i>Rhizobium</i> <i>Modestobacter</i>	Antioxidante Anticancerígeno
Carotenoides (vermelho/laranja)	<i>Pantibacter</i> <i>Brevibacterium</i> <i>Flavobacterium</i>	Antioxidante
Prodigiosina (rosa)	<i>Serratia spp.</i> <i>Zooshikella</i> <i>Pseudoalteromonas</i>	Anti-inflamatório Anticancerígeno
Rodopsina (rosa-claro)	<i>Halobacterium</i> <i>Gloeobacter</i> <i>Magnetospirillum</i>	Reprogramação Celular
Pioverdina (verde/amarelo)	<i>Pseudomonas</i>	Bioluminescência
Piocianina (azul/verde)	<i>Pseudomonas</i>	Antibacteriano

As bactérias podem ser inoculadas de duas maneiras diferentes, por meio de fermentação submersa ou por fermentação de substrato sólido (*Solid Substratt Fermentation*), ou abreviadamente SSF. Na fermentação de substrato sólido o crescimento das bactérias ocorre na superfície do meio de cultura sólido, o que exige uma menor utilização de água. Na fermentação submersa os microrganismos são cultivados em meio líquido, de forma aeróbica com a agitação adequada. Cada bactéria para se desenvolver necessita de um meio de cultura diferentes entre si, e a temperatura também diverge, tal como a incidência de luz (Nur Nasha Musa, 2019).



Figura 24- Pedaco de tecido tingido através da bactéria *S. coelicolor*  
Fonte: (Chimileski, 2017)

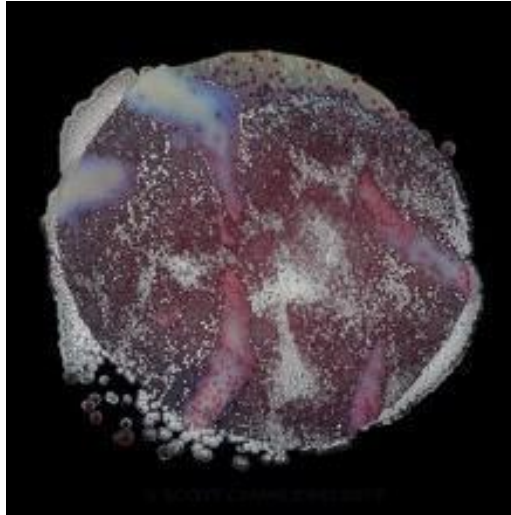


Figura 25-Pedaço de tecido tingido através da bactéria *S. coelicolor*  
Fonte: (Chimileski, 2017)

Quando o tecido é tingido diretamente através das placas de Petri, é natural que a cor não seja totalmente uniforme, as bactérias que estão em contacto direto com os nutrientes vão desenvolver-se com mais facilidade. Nas figuras 24 e 25, podemos observar uma experiência de Natsay Audrey Chieza que utiliza a bactéria *Streptomyces coelicolor* (pigmento avermelhado/magenta) e a *Actinorhodina* (pigmento azul), Figura 24 e 25 (Chimileski, 2017).

Apesar de todas as vantagens dos pigmentos bacterianos, estes não têm tanta resistência e solidez como os corantes sintéticos. A afinidade entre o pigmento e o tecido vai depender também das características físicas e químicas da fibra, isto influencia a forma como o corante é absorvido. Para ajudar a fibra a conseguir mais afinidade com o pigmento, podemos adicionar ao processo de tingimento um mordente. Um mordente é um agente que pode até alterar a cor do pigmento. Existem três tipos de mordentes, os pré-mordentes, os mordentes utilizados juntamente com o tingimento, e os pós mordentes.

A Prodigiosina é um pigmento de cor aproximadamente vermelha, obtido através da bactéria *Serratia spp*, á qual se reconhecem propriedades importantes como anticancerígenas, antirreumáticas, antifúngicas e antiparasitárias, quanto maior a concentração do pigmento na fibra mais esta terá propriedade antimicrobianas, Figura 26. Como já observamos nas nossas próprias roupas quando estas ficam muito tempo expostas ao sol a sua cor desvanece, o oxigénio da humidade atmosférica altera a composição dos tecidos. A prodigiosa apresenta melhores propriedades na exposição á luz solar em fibras e em tecidos como cetim ou chiffon e menos no linho, por exemplo (Rasha A. Metwally, 2021).



Figura 26- Desenvolvimento da *Serratia marcescens* numa placa de petri  
Fonte: (Mohammed, 2020)

Em 2021 foi publicado no *The Egyptian Journal of Aquatic Research* um estudo onde a prodigiosina foi extraída de uma bactéria marinha de cor vermelha *Serratia rubidaea* RAM\_Alex, para desenvolver um tingimento em tecido com propriedades antibacterianas, sendo que os resultados foram promissores.

O pigmento Flexirubina é obtido através da bactéria *Chryseobacterium sp.* é um pigmento amarelo de origem natural insolúvel em água, solúvel apenas em acetona ou meios alcalinos, Figura 27. Não existe muita informação acerca da Flexirubina, no entanto estudos indicam que os seus compostos bioativos têm propriedades antioxidantes e pré-bióticas. Foi durante o ano de 1974 que este elemento foi isolado pela primeira vez (Chidambaram Kulandaisamy Venil, 2014).



Figura 27- Produção e extração do pigmento Flexirubina, extraído da bactéria *Chryseobacterium*  
Fonte: Autora

A Violaceína é um pigmento de cor roxa solúvel em soluções como metanol, etanol e acetona, os primeiros dados sobre este pigmento remontam ao ano de 1942 quando este foi produzido através da estirpe bacteriana *Chromobacterium violaceum*, Figura 27. Em estudos anteriores foram identificadas neste pigmento propriedades antivirais e antimicrobianas. Este pigmento é um composto de indolocarbazol formado por moléculas de triptofano (Celedón R. &, 2021). O pigmento Violaceína pode ser produzido por diversas bactérias (Seong Yeol Choi, 2015), entre as quais (Tabela 9):

Tabela 9- Bactérias produtoras do pigmento Violaceína  
Fonte: Autora

<b>Bactéria</b>
<i>Collimonas</i>
<i>Duganella</i>
<i>Janthinobacterium</i>
<i>Microbulbifer sp.</i>
<i>Pseudoalteromonas</i>

Num estudo publicado em 2018, na revista científica “*Frontiers in microbiology*” o pigmento Violaceína obtido da bactéria *Janthinobacterium lividum*, foi utilizado para tingir poliamida. O agar nutritivo (NB) em que a bactéria cresceu é constituído maioritariamente por extrato de carne e peptona. A bactéria foi cultivada de diversas formas para testar diversos meios de tingimento. Nomeadamente através dos métodos, SFD, bactéria é inoculada juntamente com o tecido; DAFS, tecido tingido com o sobrenadante do pigmento; DD, o extrato do pigmento é utilizado diretamente, Figura 28.

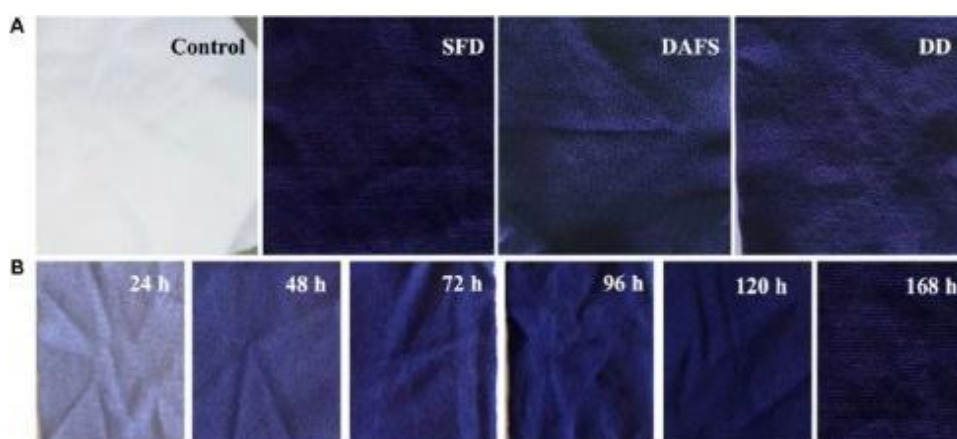


Figura 28- Tecido tingido com o pigmento Violaceína  
Fonte: (Kanelli, 2018)

A cultura tem de ser otimizada para que os meios de cultura sejam os indicados. Considera-se que a temperatura ideal para o desenvolvimento da bactéria é entre os 20°C e 25°C. A Violaceína é um pigmento que apesar de difícil extração e purificação, tal como os de origem bacteriana, não traz indicações nocivas para o meio ambiente nem para os humanos. Neste caso este pigmento para além da atividade antibacteriana demonstrada tem também atividade antifúngica bem como atividade antifúngica contra *Colletotrichum dematium*, *Fusarium solani f. spp. mori*, *Bipolaris leersiae* (Kanelli, 2018).

### **Colorofix**

A Colorofix é uma empresa britânica de biotecnologia, nasceu em 2016 e produz bio pigmentos. Como é conhecido o processo de tingimento da indústria têxtil envolve desperdício de milhões de litros de água anualmente, e os corantes sintéticos são substâncias tóxicas e altamente poluentes, esta empresa apresenta uma solução para reduzir efetivamente esta realidade. O primeiro passo é encontrar uma cor que desperte interesse, de seguida são identificados os genes que dão origem à cor, esse DNA e os microrganismos são desenvolvidos para dar origem ao pigmento. A bactéria faz a leitura desta informação que lhe é inserida. Os microrganismos crescem com o uso de açúcar, fermento e outros subprodutos vegetais. O resultado é um corante que posteriormente é colocado nas máquinas usadas para tingimentos, é colocada também uma pequena percentagem de glicerol (não tóxico) que vai criar uma maior afinidade entre o pigmento e o fio/tecido e destes processos estão excluídos produtos químicos e tóxicos.

A Colorifix tem como objetivo tornar o tingimento industrial um processo limpo e que não seja prejudicial para o meio ambiente. Nos dados divulgados pela empresa, eles assumem reduzir o consumo de água em 49%, a eletricidade em 35% e 31% em emissões de CO<sub>2</sub> em comparação com o processo normal de tingimento do algodão. Entre áreas em que a Colorifix já foi distinguida eles contam como a colaboração de empresas como a Fashion for Good e a H&M com quem já fizeram uma coleção (Colorifix, 2022). O extraordinário contributo da Colorifix é notório.

Em 2011 a H&M lançou em parceria com a Colorifix a coleção “*The Clour Story Collection*”, as cores predominantes foram os vermelhos, amarelos e laranjas, fazendo uso das inovações na área da biotecnologia, Figura 29. As peças transparecem harmonia e exotismo, a coleção é mais um passo em direção ao caminho da sustentabilidade. Uma vez que a H&M é uma marca de *fast fashion*, a Colorifix uma *start up* pioneira na utilização de pigmentos microbianos, esta colaboração é uma porta aberta para mais colaborações (H&M, 2021).





Figura 29- Coleção H&M em parceria com a Colorifix  
Fonte: (H&M, 2021)

### **Pili Bio**

A Pili Bio é uma *start up* francesa criada no ano de 2015, produzem pigmentos naturais à base de enzimas, bactérias e desejam ser uma alternativa ao uso de corantes químicos (Marin, 2020). A Pili Bio transforma matérias-primas de carbono renovável como por exemplo açúcar, em corantes, este processo não requer produtos tóxicos nem um elevado gasto de energia. As bactérias crescem em bioreatores e o principal alimento para que estas se desenvolvam é o açúcar. Depois da fermentação, os pigmentos obtidos são filtrados e dão origem ao produto final. A *start up* está focada sobretudo na mudança na utilização de corantes na indústria têxtil, e focada em aprimorar a industrialização do produto (Bio, 2021).

### **Faber Futures**

A Faber Futures é uma agência de *design* criada por Natsai Audrey Chieza uma das pioneiras na diversidade de criar moda, que interliga a biotecnologia e o design. Com o intuito de inovador na forma de fazer moda, a Faber Futures utiliza métodos alternativos na execução de peças de roupa, e contam com vários projetos no portfólio que inclusive foram expostos em locais como *Design Museum, Pompidou Centre, Science Gallery Dublin*, entre outros.

O projecto Coelicolor começou em 2011 e estendesse até à atualidade, tudo começou quando Natsai Audrey Chieza começou a trabalhar com a bactéria *Streptomyces coelicolor*, que é capaz de produzir pigmentos que podem ser usados para tingir tecidos. No caso do casaco de nome Assemblage 002, a bactéria é cultivada em meio líquido e

colocada diretamente sobre a fibra que neste caso é seda, Figura 30. O pigmento infiltra-se nas paredes celulares da fibra, as cores variam entre azul, vermelho, rosa e roxo, esta variação deve-se ao pH do meio em que a bactéria é cultivada. A *Streptomyces* é uma bactéria não patológica, ou seja, não representa nenhum tipo de perigo para os humanos. Este processo representa uma redução no uso de água, 500 vezes menor necessidade de usar água o que nos permite recuperar recursos naturais (Orsini, 2021).



Figura 30 - Casaco Assemblage 002, Projeto Coelicolor  
Fonte: (Orsini, 2021)

O projecto Fold decorreu no ano de 2014, Natsai cria um equilíbrio entre o mundo industrializado e o respeito pelo nosso ecossistema. Neste projeto lenços de seda foram colocados no interior de placas de petri de aproximadamente 15cm, estrategicamente dobrada, onde ao longo de 7 dias as bactérias se vão proliferar e tingir o tecido, Figura 31.



Figura 31- Lenço de seda, Projeto Fold  
Fonte: (Dots, s.d.)

*Rise and fall of micropolis* foi um projeto concluído em 2017, no qual mais uma vez os pigmentos bacterianos são trabalhados para oferecer uma alternativa aos corantes sintéticos, Figura 32. Neste âmbito, as bactérias foram cultivadas e entraram em fermentação em contacto com tecido de seda, onde permaneceram cerca de 31 dias, aproximadamente 816 horas, durante este processo é explorada a eficiência do tingimento prolongado. Neste período as bactérias reproduzem-se ao longo do tempo dando origem a cores diferentes daquelas que são obtidas num curto espaço de tempo.

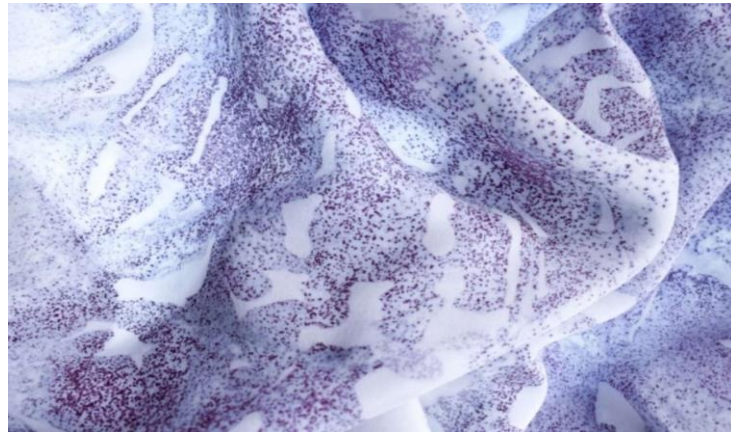


Figura 32- Projeto *Rise and fall off a micropolis*  
Fonte: (dots, s.d.)

A marca desportiva Puma e o projecto Living Colour apresentaram uma coleção com o nome DesignToFade, Figura 33. A Living Colour explora o tingimento de têxteis através de bactérias, para um processo mais ecológico (Medium, 2021). Desde o ano de 2016, que já foram realizados alguns projetos. A coleção DesignToFade não foi produzida a nível industrial, mas é um importante contributo para um futuro mais sustentável (Puma, 2021).



Figura 33- Coleção *DesignToFade*, parceria entre Puma e Living Colour  
Fonte: (Puma, 2021)

### 2.2.1.2. Pigmentos fúngicos

Os fungos são elementos de elevada importância ambiental, pois têm a função de decompor matéria orgânica, os fungos são comestíveis, como por exemplo os cogumelos. Os filamentos de origem fúngica são capazes de produzir pigmentos tais como flavinas, melaninas, quinonas e carotenoides (Narsing Rao, 2017).

Os pigmentos fúngicos comparados com os pigmentos obtidos de plantas, têm um crescimento mais rápido e podem ser desenvolvidos independentemente da época sazonal. Os fungos estão presentes em grande parte do ecossistema do nosso planeta. Os fungos *Monascus*, *Aspergillus*, *Fusarium* entre outros, têm a capacidade de produzir pigmentos coloridos de cores que variam entre o vermelho, amarelo laranja etc, Figura 34. Existem imensas espécies de fungos como o *Monascus Species*, *Fusarium Species*, *Trichoderma Species*, *Daldinia Species* entre outras (Lagashetti, 2019).

Na Tabela 10 podemos ver algumas espécies fúngicas e a cor obtida através das mesmas.

Tabela 10- Pigmentos extraídos de fungos  
Fonte: (Adaptado de Lagashetti, 2019)

<b>Espécies Fúngicas</b>	<b>Pigmentos</b>
<i>Monascus pilosus</i>	<i>Citrinin (amarelo)</i>
<i>Monascus ruber</i>	<i>Monascin (amarelo), Monascorubrin (laranja)</i>
<i>Fusarium acuminatum</i>	<i>Aurofusarin (vermelho)</i>
<i>Fusarium chlamydosporum</i>	<i>Uncharacterized (vermelho)</i>
<i>Fusarium poae</i>	<i>Aurofusarin (vermelho)</i>
<i>Fusarium sp.</i>	<i>Benzoquinone (amarelo)</i>
<i>Trichoderma parceramosum</i>	<i>Uncharacterized (vermelho)</i>
<i>Lecanicillium aphanocladii</i>	<i>Oosporein (vermelho)</i>
<i>Hyperdermium bertonii</i>	<i>Skyrin (laranja/vermelho)</i>

A aplicação dos mesmos é eficaz e têm propriedades terapêuticas como ação antioxidante, anticancerígena e antiproliferativa, podem ainda proteger os humanos da radiação UV. Estes podem ser extraídos de forma simples sem ser necessário o uso de solventes, pois são solúveis em água (Mukherjee, 2017).

Os pigmentos fúngicos têm a possibilidade de serem produzidos em escala industrial, são versáteis e de fácil disseminação/cultivo podem ser usados na indústria têxtil, cosmética e alimentar.

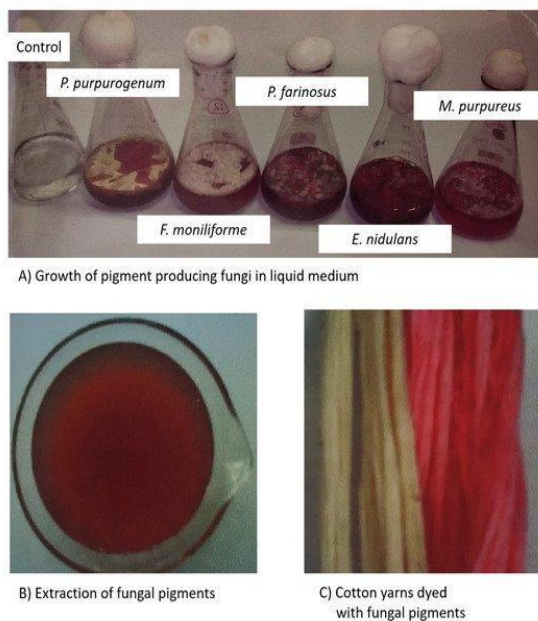


Figura 34- Produção e extração de pigmentos fúngicos  
 Fonte: (Venil, Velmurugan, Dufossé, Renuka Devi, & Ravi, 2020)

Num estudo realizado por investigadores da Universidade Nacional de Chonbuk (Coreia do Sul), juntamente com Universidade Bharathiar (India) e Karpagam University (India) em 2020, foram estudados pigmentos obtidos de fungos para o tingimento de couro, Figura 35.

Os fungos utilizados foram *Monascus purpureus*, *Isaria spp.*, *Emericella spp.*, *Fusarium spp.*, e *Penicillium spp.*, estes foram isolados individualmente e cultivados a 27°C durante aproximadamente seis semanas.

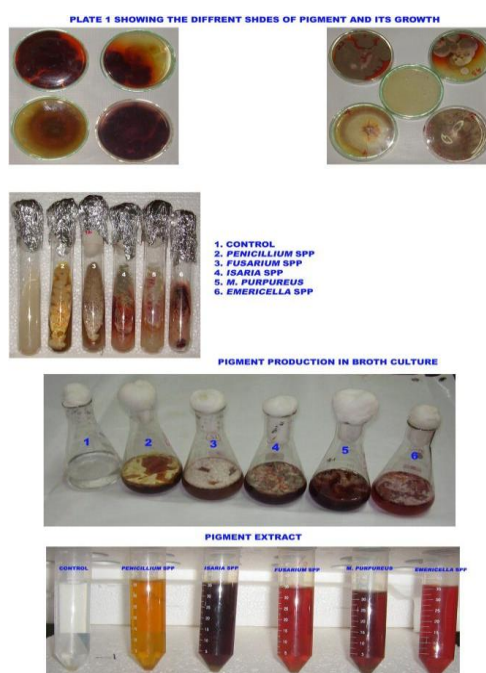


Figura 35- Produção de pigmentos fúngicos  
 Fonte: (Palanivel Velmurugan, 2010)

O sobrenadante é filtrado através de um pano previamente esterilizado de musselina, e é adicionado etanol. Depois do processo de extração, o pigmento é purificado até obter o estado de pó. O tingimento do couro é realizado com uma concentração de 6% em peso de couro de cada pigmento a uma temperatura de 70°C durante 120 minutos. Após esse procedimento as amostras são lavadas com um detergente não iônico a 50°C durante 30 minutos. O estudo resultou no tingimento uniforme e brilhante, as amostras demonstraram uma solidez aceitável e as propriedades do couro não se alteraram de forma significativa. Os pigmentos fúngicos revelaram ser uma boa alternativa aos corantes sintéticos (Palanivel Velmurugan, 2010).

É essencial estudar e aprimorar a produção de pigmentos fúngicos, para melhorar a produção dos mesmos é possível manipulá-los geneticamente para potencializar uma melhor utilização das estirpes fúngicas. Deve-se apostar na melhoria das condições de fermentação e quais apresentam melhores resultados, a utilização de agro resíduos podem tornar a produção de alguns pigmentos fúngicos mais baratos. Uma das desvantagens documentadas sobre o uso destes pigmentos, os fungos conseguem produzir várias tonalidades de pigmentos ao mesmo tempo, o que torna a cor instável (Venil, Velmurugan, Dufossé, Renuka Devi, & Ravi, 2020).

### **2.2.1.3. Pigmentos obtidos através de microalgas**

Os pigmentos obtidos através das microalgas podem ter três classificações diferentes, clorofilas, ficobiliproteínas e carotenoides, Tabela 11. A ficocianina e ficoeritrina são os pigmentos pertencentes à classe das ficobiliproteínas, as clorofilas são algas que se caracterizam pelo seu pigmento verde, funciona como um pigmento fotossintético (Infopedia, 2022).

Os pigmentos provenientes das microalgas e cianobactérias têm características que os tornam uma boa ferramenta para uso industrial, como por exemplo no setor alimentar, farmacêutico e dos cosméticos. A *Arthrospira platensis*, *Dunaliella salina* e *Haematococcus pluvialis* são exemplos de algas que já foram testadas com sucesso ou usadas como pigmentos. No entanto, tal como acontece com outros pigmentos de origem microbiana, os custos de produção são altos, é necessário otimizar a tecnologia que temos à nossa disposição para conseguir produzir estes pigmentos à escala industrial e torná-los uma opção viável (Pagels F, 2021).

Tabela 11- Pigmentos extraídos de microalgas  
Fonte: (Adaptado de Mirai)

<b>Microalga</b>	<b>Pigmento</b>
<i>Ulva lactuca</i>	Carotenoide (verde)
<i>Phorphyra</i> sp.	Ficoeritrina (vermelho)
<i>Hypnea Spinella</i>	Ficoeritrina (vermelho)
<i>Spirulina platensis</i>	Ficocianina (azul/verde)
<i>Nostoc</i> sp.	Ficocianina (azul/verde)

Num estudo realizado por S. Moldovan em 2017, o pigmento *Phycoerythrin* obtido da alga *Gracilaria* sp., foi utilizado para tingir substratos de algodão a fim de testar a possibilidade de tingimentos com algas na indústria têxtil. A biomassa obtida através do cultivo de algas foi recolhida de tanques de cultivo industriais, para a extração do pigmento que consiste na ruptura da parede celular, a dita biomassa foi colocada em água destilada com um pH de valor 7, durante cinco horas em agitação magnética. De seguida o solvente utilizado foi sulfato de amónio, numa concentração de 20% em relação à biomassa. Antes do processo de tingimento do algodão foi adicionado um pré-mordente. O método de estampagem utilizado foi o manual, dois pedaços de algodão foram tingidos, um com uma pasta de corante sintética, o outro com pigmento *Phycoerythrin*, a pasta de estampar foi impregnada na fibra três vezes. A cor obtida na Figura 36 foi um rosa bastante claro, o tecido foi tingido na proporção de pigmento utilizado. A solidez à lavagem e à fricção demonstrou resultados favoráveis (S Moldovan, 2017).

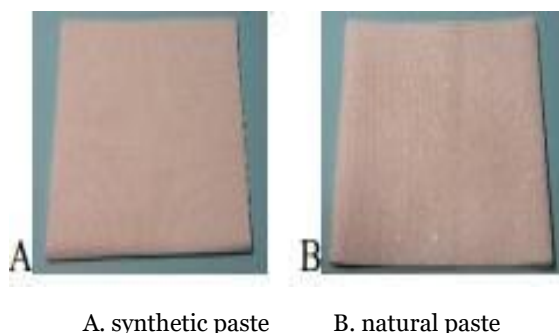


Figura 36- Resultado do tingimento efetuado com o pigmento *Phycoerythrin*  
Fonte: (S Moldovan, 2017)

### **3. Vantagens dos pigmentos naturais em relação a corantes sintéticos**

Os pigmentos naturais tal como os corantes, são componentes utilizados em produtos que fazem parte do nosso cotidiano, na indústria alimentar, produção de papel, entre outras. No tingimento de uma peça nós esperamos que a cor tenha uma boa solidez à lavagem, à luz e à humidade, bem como uma cor estável e consistente (Kiron, 2021).

A partir da descoberta do primeiro corante sintético, surgiram cada vez mais corantes de cores distintas que permitiram trazer criatividade, não só no plano/parâmetro das cores, como noutras indústrias. A química orgânica industrial veio revolucionar e trazer ferramentas de trabalho e servir de estímulo para um avanço económico, cultural e social. Particularmente no setor têxtil, a tinturaria dos tecidos avançou de forma eficiente, os corantes sintéticos permitem uma panóplia de cores extensa e a um preço bastante reduzido.

Os corantes sintéticos têm como vantagens as seguintes características: cores consistentes e uniformes; existe mais diversidade de escolha no que toca à cor; produção barata o que os torna economicamente mais acessíveis. No entanto, as desvantagens são mais que as vantagens, os principais inconvenientes são: compostos químicos nocivos e potencialmente cancerígenos; estando em contacto com a pele pode resultar em reações alérgicas por parte dos consumidores; a natureza dos corantes dificulta o tratamento das águas residuais que os mesmos produzem; degradam a saúde de quem lida diretamente com a produção de corantes e com as populações envolvidas.

É fácil entender o motivo pelo qual os corantes significam uma verdadeira ameaça para o nosso ecossistema.

Em contrapartida, os corantes naturais são mais caros devido ao tempo que demoram a ser desenvolvidos, e o tingimento pode não ser tão reprodutível quando comparado com o uso de corantes sintéticos. Apesar dessas desvantagens, estes representam propriedades antimicrobianas, anticancerígenas, são biodegradáveis, não são tóxicos e são provenientes de recursos renováveis (wearkent, 2021).

Em suma, é evidente o contributo que o surgir dos corantes sintéticos trouxe para a indústria têxtil, no entanto os seus malefícios são mais que evidentes. Ao longo das últimas décadas são notórias as consequências de termos passado anos a fazer escolhas que prejudicam o meio ambiente como é o caso do uso excessivo de produtos químicos e tóxicos.



## Capítulo III. Inquérito -Atitude comportamental dos consumidores

Para o desenvolvimento deste projeto foi realizado um inquérito (disponível em anexo – Anexo 1), onde os inquiridos são questionados sobre a periodicidade com que compram roupa, quais as suas marcas de eleição e se consideram o tema sustentabilidade na moda algo importante.

A moda tem dualidade de sentidos; a população leva em conta as coleções disponíveis, mas as marcas também colocam ao dispor dos seus clientes peças e tendências que indicam uma boa expectativa de aceitação e de compra. Nesse sentido, é preponderante perceber quais as escolhas do consumidor e o que este pretende adquirir.

Foram obtidas um total de 85 respostas, 70,6% do sexo feminino e 29,4% do sexo masculino, e as idades variam entre os 16 e os 62 anos. A média de montante anual gasta em roupa desde 40 euros a 2500 euros, no entanto a maior parte dos inquiridos gasta entre 100 e 300 euros, e compra roupa mensalmente.

O surgir do *fast fashion* leva as pessoas a comprarem mais peças de roupa e a descartarem mais facilmente. No entanto, a partir deste inquérito podemos concluir que 65,9% das pessoas só descarta a sua roupa após 3 ou mais anos de uso. Apesar deste facto as marcas mais consumidas pelos inquiridos são a Zara, Bershka, Pull&Bear e Stradivarius.

A consciencialização por parte do consumidor é um facto importante para desencadear escolhas certas na hora de comprar uma peça amiga do ambiente. Há pergunta “Repara na composição da sua peça ou em que país a mesma é confeccionada?”, apenas 52,9% das pessoas repara na composição das peças de vestuário que compra. Apenas 38,8% dos inquiridos já comprou peças em segunda mão.

Entende-se que, 69,4% das pessoas têm noção de que a indústria têxtil contribui para a degradação do nosso ecossistema, no entanto apesar dessa consciência as pessoas continuam a escolher marcas que através do seu método de fabrico e fraca qualidade favorece uma maior poluição do meio ambiente. Enquanto, 74,1% das pessoas estão dispostas a comprar peças de roupa mais caras, de maior qualidade e *eco friendly*. Além disso, grande parte das pessoas não conhece marcas sustentáveis e demonstrou alguma desinformação em relação aquilo que é ser uma marca verdadeiramente sustentável. Algumas marcas mencionadas pelos inquiridos: Baseville; Benedita Formosinho; Conscious the Label; H&M; Vertbaudet; Insecta Shoes; Reserva; TROC; Gentees; Not Yet Famous; Naz; Join Live; Kallimera; Thredup; Stella McCartney.

Quando lhe foi colocada a questão se tinham conhecimento do uso de bactérias para produção ou tingimento de peças de vestuário, 72,6% responderam que não, apesar disso a maioria (70,2%) disse que iria adquirir peças concebidas através deste método. Ao longo

do questionário podemos identificar que as pessoas entendem que é preciso mudar os hábitos de consumo.

# Capítulo IV. Desenvolvimento Laboratorial

## 1. Metodologia de Trabalho

O mundo dos biopolímeros e biopigmentos é cada vez mais explorado, e novas formas de tornar a indústria da moda mais sustentável surgem com o aprimorar de novas técnicas para a produção de produtos mais ecológicos. De acordo com o objetivo inicial do projeto desenvolveu-se a produção de celulose bacteriana (CB) e do pigmento bacteriano Prodigiosina, que posteriormente foi utilizado para tingir o biopolímero celulósico.

## 2. Métodos/Procedimentos Laboratoriais

### 2.1. Produção e recuperação de Celulose Bacteriana

Os materiais utilizados foram os seguintes, (1) Placas de Petri; (2) *Gobelet*; (3) Autoclave; (4) Câmara de fluxo laminar; (5) Centrífuga; (6) Estufa.

A Celulose Bacteriana foi produzida em condições estáticas utilizando como meio de fermentação uma combinação de 8,25 g/L de chá verde comercial, 8,25 g/L de chá preto comercial, 70 g/L de glucose e 10% (v/v) da bebida comercial Kombucha Original Bio. A bebida Kombucha foi utilizada como pré-inóculo devido à presença de um consórcio microbiano composto por bactérias e leveduras (*scoby*). As saquetas de chá foram colocadas num *gobelet*, juntamente com água a ferver e glucose. Após a mistura arrefecer foi transferida para uma tina de vidro e foram adicionados 10% (v/v) da bebida Kombucha. A tina de vidro foi por fim colocada numa estufa a 30°C na presença de luz.



Figura 37- Produção de Celulose Bacteriana  
Fonte: Autora

Após 5/7 dias, uma película formou-se na interface ar-líquido, resultado da fermentação, Figura 37. Após esse período, a película foi retirada e enxaguada em água destilada com o intuito de remover impurezas. Em seguida, as películas de CB foram colocadas a secar à temperatura ambiente, sobre uma folha de papel vegetal. A cor, formato e textura obtidos podem variar consoante vários parâmetros, Figura 38.

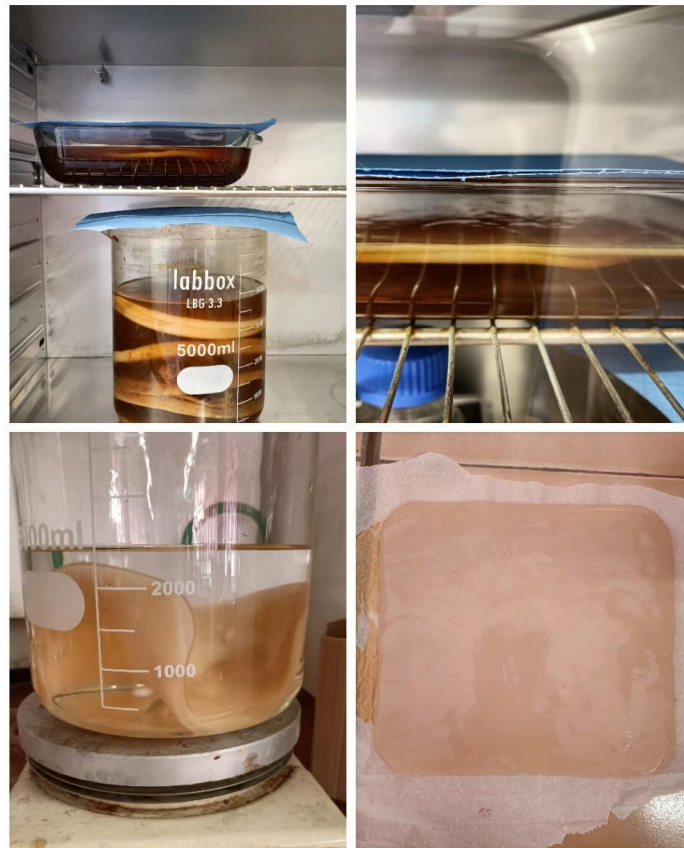


Figura 38- Produção de Celulose bacteriana  
Fonte: Autora

### 2.1.1. Tratamento alcalino

Após a produção de CB, as películas foram submetidas a um processo de lavagem com uma solução de hidróxido de sódio (NaOH 0,1 M), a 80°C durante 30 minutos, a fim de remover impurezas e detritos celulares. Após lavagens, as películas foram enxaguadas com água destilada para diminuir o pH decorrente dos procedimentos de lavagem alcalina e secas à temperatura ambiente, Figura 39.



Figura 39- Películas de celulose após branqueamento  
Fonte: Autora

## 2.2. Produção e extração de pigmento Prodigiosina

O pigmento Prodigiosina foi produzido pela bactéria *Serratia plymuthica*, característico pela sua tonalidade cor-de-rosa. O meio de cultura utilizado para o crescimento da *Serratia plymuthica* foi o meio Peptona-Glicerol-Fosfato (PGP), composto por, 5g/L de Peptona; 2g/L de Fosfato de Potássio Dibásico ( $K_2HPO_4$ ); 15g/L de Agar; 10mL/L de Glicerol.

O meio de cultura preparado de acordo com a receita apresentada foi colocado numa autoclave a esterilizar a 121°C durante 21 minutos. Depois de completar o ciclo de 21 minutos, o meio de cultura foi plaqueado em placas de Petri numa câmara de fluxo laminar, que nos permite trabalhar num ambiente estéril e sem contaminações. Depois do meio solidificar, as placas foram inoculadas com as bactérias e colocadas a crescer à temperatura de 20°C, num local sem luz solar durante cerca de dois a três dias, Figura 40.

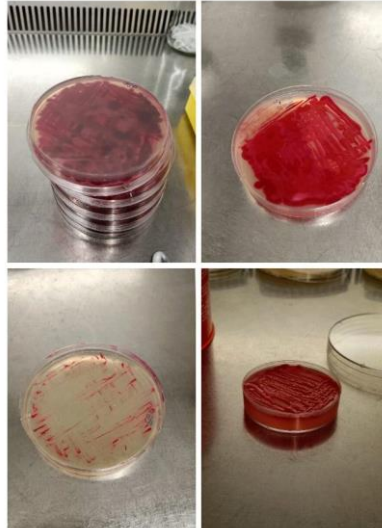


Figura 40- Produção do pigmento Prodigiosina  
Fonte: Autora

Após esse período, a bactéria contendo o pigmento foi recolhida e colocada em etanol ácido sob agitação, numa placa durante uma noite para quebrar a membrana celular das bactérias e posteriormente recuperar o pigmento, Figura 41.



Figura 41- Extração do pigmento Prodigiosina  
Fonte: Autora

A solução resultante foi colocada em *eppendorfs*, que foram inseridos numa mini centrífuga, durante aproximadamente 10 minutos. Após a centrifugação, o pigmento foi separado dos detritos celulares. Nos *eppendorfs* formaram-se duas fases distintas em que os detritos celulares ficaram depositados no fundo dos *eppendorfs* (*pellet*), separados do pigmento solubilizado no etanol ácido (sobrenadante). Por fim, o sobrenadante foi recolhido e colocado numa estufa de secagem a uma temperatura de aproximadamente 30°C, até o solvente evaporar e se obter o pigmento em estado sólido.

### 3. Processo de tingimento

A fim de selecionar a tonalidade adequada para proceder ao tingimento da CB com o pigmento prodigiosina de cor rosa foram preparadas três diferentes soluções variando a concentração de prodigiosina em 3 g/L, 6 g/L e 12 g/L. As amostras de CB foram tingidas por esgotamento nas três diferentes concentrações (3 g/L: tom claro, 6 g/L: tom médio e 12 g/L: tom escuro) numa placa de agitação com aquecimento a 60 °C, durante 20 minutos, Figura 42.

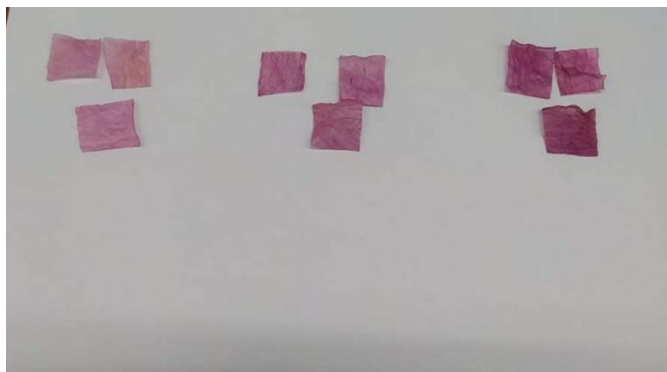


Figura 42- Tingimento de celulose com o pigmento Prodigiosina  
Fonte: Autora

Quanto ao tingimento e com a finalidade de concluir o projeto, as películas de CB foram tingidas, com o pigmento extraído da bactéria *Serratia plymuthica* (prodigiosina). Adicionalmente, foi também utilizado o pigmento extraído da bactéria *Chromobacterium violaceum* (violaceína), que se encontrava disponível no laboratório, para o tingimento das películas de CB.

O método de tingimento utilizado para o tingimento da CB com a prodigiosina foi o descrito no subcapítulo anterior e foi utilizada a quantidade de pigmento disponível, de modo a obter uma cor o mais intenso possível. O tingimento foi efetuado através do processo de esgotamento, durante cerca de 20 minutos, a uma temperatura de 60°C, como observável na Figura 43.

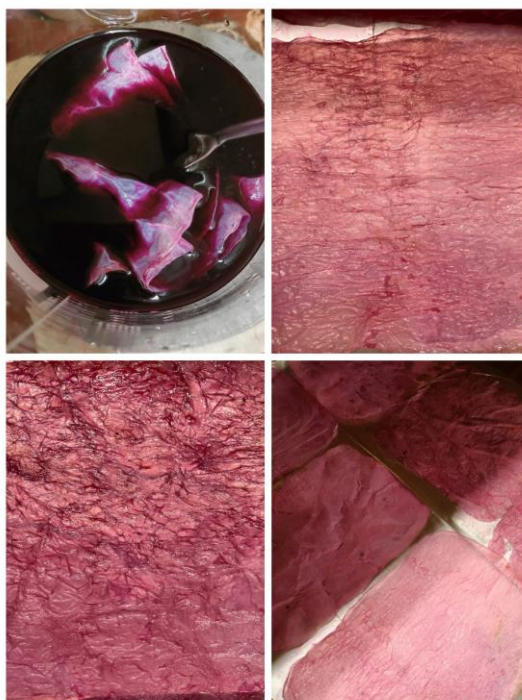


Figura 43- Tingimento através do pigmento Prodigiosina  
Fonte: Autora

Por sua vez, o método de tingimento utilizado para o tingimento das películas de CB com o pigmento Violaceína, foi o mesmo do utilizado para o pigmento Prodigiosina, tendo sido realizado um tingimento por esgotamento durante 20 minutos, a uma temperatura de 80°C, Figura 44.



Figura 44- Tingimento através do pigmento Violaceína  
Fonte: Autora



## 4. Acabamento Hidrofóbico

Para realizar o acabamento hidrofóbico foi utilizado o agente Persistol HP, e o espessante Lyoprint. Desta forma o procedimento ocorreu da seguinte maneira:

- Preparou-se o espessante Lyoprint a 1% (m/m) (1g + 99g de H<sub>2</sub>O), com o auxílio do agitador mecânico.
- Preparou-se a pasta com 100g/Kg de agente hidrofóbico (Persistol HP) (100g de agente hidrofóbico + 900g de espessante preparado anteriormente, com o auxílio do agitador mecânico).

De seguida, foram testadas duas abordagens diferentes. Inicialmente, o pigmento foi adicionado à pasta contendo o agente hidrofóbico, no entanto o pigmento reagiu com o espessante neutralizando-o e tornando a pasta aquosa. Alternativamente, optou-se por preparar previamente a pasta, de acordo com a receita acima descrita, e aplicou-se através de um processo de raclagem sobre as películas de CB já tingidas. Após a aplicação da pasta sobre as películas foi realizada uma termofixação a 150°C, durante um minuto, Figura 45.



Figura 45- Processo de acabamento hidrofóbico  
Fonte: Autora

## 5. Tingimento camisola 100% algodão

O tingimento foi realizado por esgotamento colocando a camisola num *gobelet* com uma solução de tingimento composta pelo pigmento rosa (prodigiosina) extraído a partir da bactéria *Serratia plymuthica* a 80 °C durante 20 minutos usando uma relação de banho de 1:30. A cor obtida foi um tom lavanda, Figura 46.



Figura 46- Tingimento camisola 100% algodão

Fonte: Autora

## 6. Experimentações

Com a CB produzida em laboratório foram realizadas várias experiências de modo a testar as diversas aplicações da mesma. A CB resultou em películas nem sempre uniformes e com diferentes consistências, formatos e resistências. A celulose foi utilizada na sua cor natural, como também depois de realizado o tingimento, Figura 47.

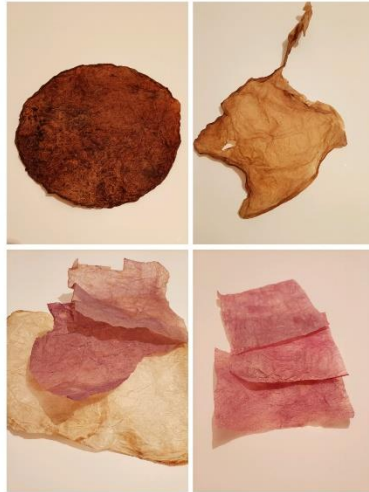


Figura 47- Celulose bacteriana

Fonte: Autora

### **Soutien**

Através da reutilização de um soutien antigo, que seria descartado, foi criada uma peça nova de acordo coma ficha técnica apresentada no Anexo 2. Foram sobrepostos pedaços de celulose de diferentes tamanhos e tons, estes foram costurados após humedecidos, para mais facilmente se moldarem ao formato pretendido, Figura 48 e Figura 49.



Figura 48- Soutien elaborado através de celulose bacteriana

Fonte: Autora



Figura 49- Soutien elaborado através de celulose bacteriana

Fonte: Autora

### **Brincos**

Os acessórios são para muitos de nós imprescindíveis. Os brincos são, sobretudo para as mulheres um adereço importante, e que facilmente é descartável, sobretudo devido ao facto de alguns deles a preços mais acessíveis rapidamente se deteriorarem. A CB pode, portanto, substituir estas matérias-primas que são nocivas ao meio ambiente. Foram apresentados dois estudos de possíveis aplicações, Figura 50 – Figura 54.



Figura 50- Brincos elaborados com celulose bacteriana

Fonte: Autora



Figura 51- Brincos elaborados com celulose bacteriana

Fonte: Autora



Figura 52- Brincos elaborados com celulose bacteriana

Fonte: Autora



Figura 483- Brincos elaborados com celulose bacteriana

Fonte: Autora



Figura 49- Brincos elaborados com celulose bacteriana

Fonte: Autora

### **Corpete**

Sendo a celulose bacteriana um material que pode potencialmente substituir o couro, ou as peles artificiais, foi pensado testar o uso da mesma para um corpete. Num manequim previamente forrado com película aderente, colou-se um pedaço de CB com decote em coração. Em seguida, diversos pedaços de celulose foram cortados e colocados sobre o corpete, de modo a aderirem à CB não tingida por meio de humedecimento, Figura 55.



Figura 55- Corpete elaborado com celulose bacteriana tingida e não tingida

Fonte: Autora

### **Carteira**

Mais uma vez com os acessórios em evidência, pretendeu-se testar o uso da CB numa pequena mala, Figura 56. Uma das grandes apostas do uso da CB é sem dúvida os acessórios, sendo a CB uma possível substituta do couro devido às suas propriedades. É de notar que nem todas as películas de celulose se desenvolvem da mesma maneira e com as mesmas características. Embora esse facto possa dificultar o trabalhar da CB, isso também pode ser um fator diferenciador na criação de materiais para moda e de artigos distintos.



Figura 506- Pequena Carteira elaborada com celulose bacteriana

Fonte: Autora

## 7. Discussão dos resultados

Pode-se concluir que a produção de pigmentos através de bactérias é um procedimento demorado e que passa por diversas etapas. Apesar disso, é um método que surge como uma alternativa viável aos corantes tradicionais, não só por serem de origem natural, como também pelas suas propriedades bioativas. O tingimento resultante não só é adequado para diversos tipos de fibras como também para tingir CB, que também é um polímero natural. É de referir que quanto maior é a quantidade de pigmento utilizado durante o tingimento, maior será a intensidade da cor e as propriedades presentes. Apesar das dificuldades encontradas durante este processo, é notória a importância que a CB pode vir a desempenhar como um biopolímero sustentável. Há muito mais a explorar, mas os resultados são promissores, e demonstram que o futuro pode realmente ser mais sustentável. Além disso, o desenvolvimento de CB tem estado na ordem do dia dos investigadores que procuram uma forma mais viável economicamente de produzir CB, através até de restos de comida desperdiçados (Ana Paula Provin, 2021).



Desta forma, na presente dissertação ficou em evidência que tanto a CB, como os pigmentos extraídos de bactérias, são uma oportunidade e sobretudo uma solução para o desafio que é tornar a indústria têxtil mais sustentável.



## Capítulo V. Coleção conceptual

A sustentabilidade é cada vez mais um tema fulcral e importante na sociedade, não só na área do têxtil, como em outras indústrias que contribuem de forma negativa para a poluição a nível global. O vestuário e a forma como o mesmo é descartado, é algo que tem de ser repensado, foi exatamente com essa questão em mente que esta coleção foi criada, para ser criativa e dar uma perspetiva diferente da moda sustentável.

Tendo em conta os aspetos que foram estudados na revisão da literatura, esta coleção foi idealizada para testar os benefícios dos biopolímeros neste caso da CB e do pigmento prodigiosina.

Como na maioria das peças conceptuais, a exclusividade, irreverência e o gosto pelos pormenores está sempre presente. A coleção tem como objetivo encontrar uma comunhão entre a beleza e a estética de uma peça de roupa e os métodos mais sustentáveis de fabricar vestuário. A inspiração adveio do vestuário de verão, esvoaçante, ousado e leve. A coleção foi idealizada para o Verão 2023.

O conceito define-se por palavras como irreverência e ousadia. A CB apesar de ser estudada para a sua aplicação como material têxtil, continua sem ser um meio usual. Deste modo a coleção marca pela diferença e discrepância perante as demais. Por seu turno, apresentamos na Figura 57 o *moodboard* de inspiração.



Figura 57- Moodboard de inspiração

Fonte: Autora

## ***Celubat Collection***

O nome da coleção, “*Celubat Collection*” deve-se à junção de dois termos provenientes das palavras celulose e bactéria. São apresentadas peças de roupa e acessórios.

CELUBAT COLLECTION

Figura 58- Etiqueta "*Celubat Collection*"

Fonte: Autora



Figura 59- Coordenado nº1

Fonte: Autora



Figura 60- Coordenado n<sup>o</sup>2 e n<sup>o</sup>3

Fonte: Autora

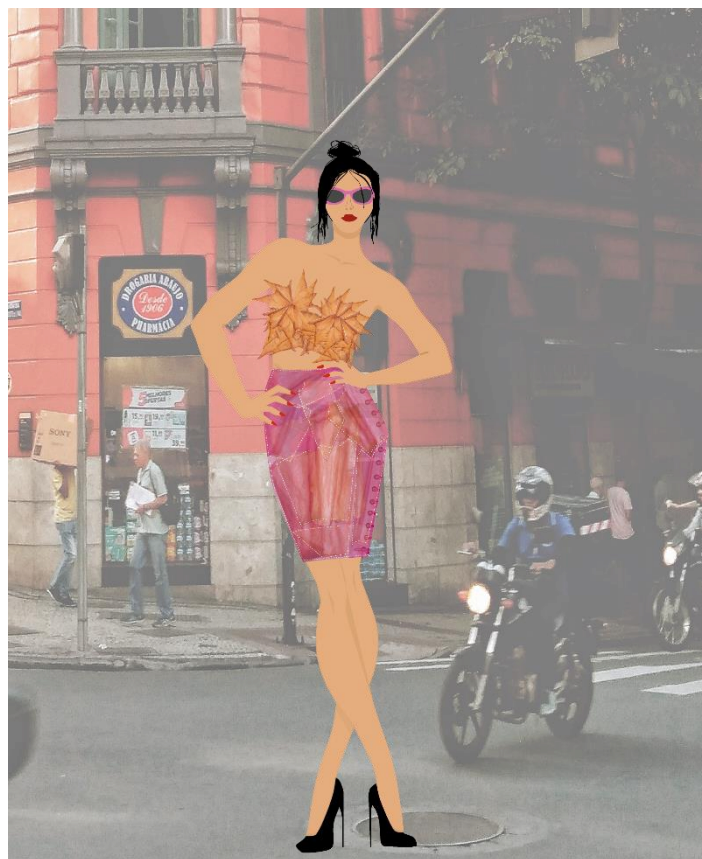


Figura 61- Coordenado n<sup>o</sup>4

Fonte: Autora



Figura 62- Coordenado nº5

Fonte: Autora



Figura 63- Coordenado nº6

Fonte: Autora



Figura 64- Mala, proposta n°1

Fonte: Autora



*Figura 515- Mala, proposta n°2*

*Fonte: Autora*

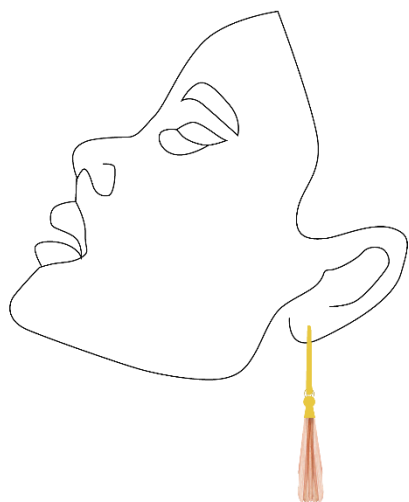


Figura 66- Brincos, proposta n°1

Fonte: Autora

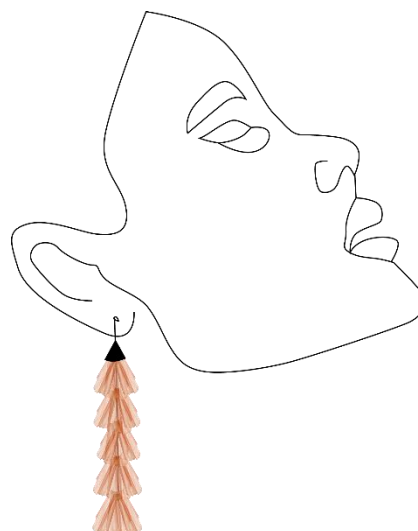


Figura 67- Brincos, proposta n°2

Fonte: Autora

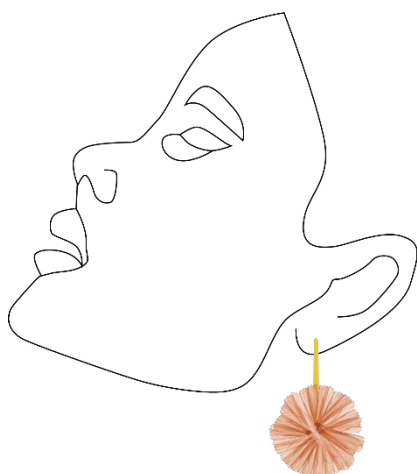


Figura 68- Brincos, proposta n°3

Fonte: Autora

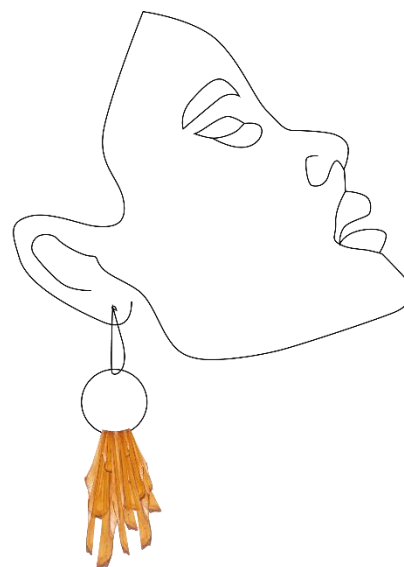


Figura 69- Brincos, proposta n°4

Fonte: Autora



## Conclusão

A indústria da moda continua num crescimento exponencial, no entanto este setor contribui de forma nefasta para a sustentabilidade do nosso ecossistema. As alterações climáticas são cada vez mais um tema diário que merece a nossa maior preocupação. Tendo em conta a importância que o setor têxtil representa para a economia mundial, empregando milhões de pessoas, temos como missão encontrar alternativas ecológicas e que permitam a evolução desta indústria, não descartando a relevância que esta merece. O papel do designer é cada vez mais importante na criação de novas peças de vestuário e acessórios, sendo fulcral que este se predisponha a criar produtos, mais ecológicos e mais duradouros. Este estudo veio aprofundar o tema e demonstrar exemplos que podem e devem incentivar-nos enquanto consumidores a sermos mais responsáveis e éticos. Tal como já haveria sido testado pela *designer* Suzanee Lee, a CB pode de facto ser útil no design de moda. Apesar das suas desvantagens como reter humidade e não ser a fibra ideal para um dia de chuva, esta pode ser incluída para outros propósitos. Denota-se que é importante continuar a aperfeiçoar o seu método de desenvolvimento para, quiçá um dia, se tornar uma solução a nível industrial. Como se pode verificar, apesar de se seguir os mesmos métodos, nem sempre as películas de CB se apresentam da mesma maneira e com a mesma aparência e características o que dificulta o seu uso.

Os biopigmentos produzidos a partir de bactérias são extremamente sensíveis aos parâmetros em que são criados, como a temperatura, pH, nutrientes que compõem o meio de cultura, podendo ocorrer contaminações durante o processo de inoculação das bactérias. Isto pode colocar em risco a produção do pigmento e por isso é necessário que os materiais que são utilizados estejam devidamente esterilizados, para que não haja propagação de fungos ou desenvolvimento de outras estirpes bacterianas.

É importante continuar a estudar e a investigar novas formas menos dispendiosas de produzir e extrair pigmentos de forma que estes possam ser usados de forma mais ampla. A biotecnologia é uma ferramenta que de facto contribui para uma produção de materiais para moda mais amiga do ambiente. Os biopolímeros são uma verdadeira alternativa às fibras tradicionais, e ao couro, devido às suas características físicas.

O uso de biopigmentos é uma possibilidade de reduzir o uso de corantes sintéticos que tão nocivos são para o meio ambiente. Os pigmentos bacterianos representam uma solução para uma menor contaminação de águas residuais e têm a vantagem de exibirem propriedades benéficas para os humanos, como por exemplo propriedades antivirais, anticancerígenas, antimicrobianas, anti-inflamatórias, anti tumorais, entre outras.

## Perspetivas Futuras

A ciência está em constante evolução, simultaneamente, novos processos mais evoluídos e eficazes vão sendo estudados de modo a representarem alternativas viáveis. A forma como áreas de estudo distintas se podem juntar para assim desenvolver produtos inovadores é uma forma de demonstrar o verdadeiro significado da palavra cooperar. Num momento em que a palavra sustentabilidade impera, é cada vez mais importante a partilha de conhecimentos inovadores.

O crescimento de bactérias pode tornar-se mais dispendioso pelo meio de cultivo que cada organismo necessita para se desenvolver. No entanto, como está descrito há estudos que continuam a averiguar o uso de desperdícios como meio de crescimento para os microrganismos. Com o desenvolvimento de novos estudos e testes, é esperado que no futuro a extração de pigmento através de microrganismos seja uma opção fiável e economicamente sustentável. Ao longo dos anos, podemos observar um crescente interesse pelos biopolímeros e pigmentos naturais, sobretudo os bacterianos que já foram utilizados em vários projetos de *design*. A tendência é essas apostas continuarem a aumentar e a ampliarem o seu mercado. É importante que marcas como H&M, Puma, Stella McCartney continuem a apostar em propostas inovadoras, pois estas têm reconhecimento por marca dos consumidores. Esse fator leva a população a tomar conhecimento de forma mais rápida, do que se fossem marcas desconhecidas para a maioria. À medida que o tempo passa as pessoas começam a refletir sobre as alterações climáticas e a sentir o efeito das mesmas, isto contribui para a real importância que os nossos consumos representam.

## Referências

- A. Orona-Navar, I. A.-H.-P.-S. (2021). Alternative sources of natural pigments for dye-sensitized solar cells: Algae, cyanobacteria, bacteria, archaea and fungi. *Journal of Biotechnology*, 332, 29-53. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2021.03.013>.
- Adidas. (4 de 2021). *STAN SMITH MYLO™: MADE USING MUSHROOMS*. Obtido em 30 de 3 de 2022, de Adidas: <https://www.adidas.com/us/blog/663481-stan-smith-mylo-tm-made-using-mushrooms>
- Ahmed-Kristensen, R. E. (2018). CLASSIFICATION OF BIO-DESIGN. *INTERNATIONAL DESIGN CONFERENCE - DESIGN 2018*, (pp. 1031-1042). doi:<https://www.designsociety.org/publication/40514/CLASSIFICATION+OF+BIO-DESIGN+APPLICATIONS%3A+TOWARDS+A+DESIGN+METHODOLOGY>
- Aishwariya. (11 de 2019). *Fast vs Slow Fashion*. Obtido em 21 de 7 de 2022, de fibre2fashion: <https://www.fibre2fashion.com/industry-article/8460/fast-vs-slow-fashion>
- Aishwariya, S. (11 de 2019). *Fast vs Slow Fashion*. Obtido em 21 de 3 de 2022, de Fibre2fashion: <https://www.fibre2fashion.com/industry-article/8460/fast-vs-slow-fashion>
- Amit Madhu, J. C. (1 de 3 de 2017). Developments in application of enzymes for textile processing. *Journal of Cleaner Production*, 145, pp. 114-133. Obtido em 17 de 3 de 2022, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652617300136>
- Ana Maria Mazotto, J. d. (8 de 2021). How can microbiology help to improve sustainability in the fashion industry? *Environmental Technology & Innovation*, 23. doi:<https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.101760>.
- Ana Paula Provin, A. R. (8 de 2021). Circular economy for fashion industry: Use of waste from the food industry for the production of biotextiles. *Technological Forecasting and Social Change*, 169. Obtido em 3 de 11 de 2021, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162521002900>
- Ana Paula Provin, A. R. (2021). Circular economy for fashion industry: Use of waste from the food industry for the production of biotextiles. *Technological Forecasting and Social Change*, 169. doi:<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120858>.
- Andréa Fernanda de S. Costa, J. D. (1 de 2019). Dyeing of bacterial cellulose films using plant-based natural dyes. *International Journal of Biological Macromolecules*, 121, pp. 580-587. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.10.066>.

- Arpit Shukla, P. P. (2021). *Microbial technologies in textile industries: an elixir for the greener environment*. (C. M. Nabil Ibrahim, Ed.) Woodhead Publishing. Obtido em 29 de 3 de 2022, de [www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780323852043000282](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780323852043000282)
- Arul Aruldass, L. D. (10 de 4 de 2018). Current perspective of yellowish-orange pigments from microorganisms- a review. *Journal of Cleaner Production*, 180, pp. 168-182. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.093>
- Audaces. (26 de 3 de 2021). *Audaces*. Obtido em 3 de 2 de 2022, de Audaces: <https://audaces.com/en/women-empowerment-in-the-fashion-world/>
- Aya Abdelmeguid, M. A.-S. (2022). Investigating the challenges of applying the principles of the circular economy in the fashion industry: A systematic review. *Sustainable Production and Consumption*, 32, pp. 505-518. doi:<https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.05.009>.
- Basma M. Eid, N. A. (15 de 2 de 2021). Recent developments in sustainable finishing of cellulosic textiles employing biotechnology. *Journal of Cleaner Production*, 284. Obtido em 24 de 4 de 2022, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652620347454>
- Basma M. Eid, N. A. (15 de 2 de 2021). Recent developments in sustainable finishing of cellulosic textiles employing biotechnology. *Journal of Cleaner Production*, 284. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124701>
- Bennett, A. (4 de 2019). *H&M's Coolest Leather Jacket Is Actually Made Out of Pineapple Leaves*. Obtido em 23 de 2 de 2022, de InStyle: <https://www.instyle.com/fashion/clothing/hm-conscious-collection>
- Bio, P. (2021). *Our Technology is alive*. Obtido em 5 de 4 de 2022, de Pili Bio: <https://www.pili.bio/9/technology>
- Biokonomie. (10 de 6 de 2020). *Face mask made of bacterial cellulose*. Obtido em 12 de 9 de 2022, de Biokonomie: <https://biooekonomie.de/en/news/face-mask-made-bacterial-cellulose?fbclid=IwAR2hJSDrvesB1CnwcdRk1pelPusFXI3cCxDbx1lauzaoqbkZnl1tObpwU>
- Britannica. (12 de Agosto de 2010). *Ligases*. Obtido em 4 de 5 de 2022, de Britannica: <https://www.britannica.com/science/ligase>
- Bruna Villa Todeschini, M. N.-d.-M. (2017). Innovative and sustainable business models in the fashion industry: Entrepreneurial drivers, opportunities, and challenges. *Business Horizons*, 60, 759-770. doi:<https://doi.org/10.1016/j.bushor.2017.07.003>.
- Carlos Rafael Silva de Oliveira, A. H. (Outubro de 2021). Textile Re-Engineering: Eco-responsible solutions for a more sustainable industry. *Sustainable Production and*

- Consumption*, pp. 1232-1248. Obtido em 13 de 3 de 2022, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352550921002359>
- Celedón RS, D. L. (1 de 4 de 2021). Natural Pigments of Bacterial Origin and Their Possible Biomedical Applications. *Microorganisms*. doi:Celedón RS, Díaz LB. Natural Pigments of Bacterial Origin and Their Possible Biomedical Applications. Mi10.3390/microorganisms9040739.
- Celedón, R. &. (1 de 4 de 2021). Natural Pigments of Bacterial Origin and Their Possible Biomedical Applications. *Microorganisms*. Obtido em 16 de 5 de 2021, de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8066239/>
- Celedón, R. S. (1 de 4 de 2021). Natural Pigments of Bacterial Origin and Their Possible Biomedical Applications. *Microorganisms*. Obtido em 2 de 5 de 2022, de <https://www.mdpi.com/2076-2607/9/4/739>
- Cerqueira, M. (29 de 4 de 2019). *Náz. A marca de roupa que mostra quem lhe faz a roupa*. Obtido em 25 de 2 de 2022, de MAGG: <https://magg.sapo.pt/sustentabilidade/artigos/naz-a-marca-de-roupa-que-mostra-quem-lhe-faz-a-roupa>
- Chandrakant R. Holkar, A. J. (2016). A critical review on textile wastewater treatments: Possible approaches. *Journal of Environmental Management*, 182, 351-366. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.07.090>.
- Chemistry, R. S. (s.d.). *Royal Society of Chemistry*. Obtido em 10 de 6 de 2022, de <https://edu.rsc.org/resources/prehistoric-pigments/1540.article>
- Chidambaram Kulandaisamy Venil, Z. A. (10 de 2014). Isolation and characterization of flexirubin type pigment from *Chryseobacterium* sp. UTM-3T. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. Obtido em 10 de 5 de 2022, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878818114000279?via%3Dihub>
- Chimileski, S. (4 de 11 de 2017). *Bacterial Dyes in Fashion*. Obtido em 2 de 5 de 2022, de American Society of Microbiology: <https://asm.org/Articles/2017/November/bacterial-dyes-in-fashion>
- Colorifix. (2022). *Holistic Sustainability*. Obtido em 5 de 5 de 2022, de Colorifix: <https://colorifix.com/why-colorifix/>
- Cotton, B. (s.d.). Better Cotton. Obtido em 13 de 7 de 2022, de Better Cotton: <https://bettercotton.org/>
- Cristina Carvalho, G. S. (2015). Global Communities, Biotechnology and Sustainable Design – Natural / Bio Dyes in Textiles,. *Procedia Manufacturing*, 3, 6557-6564. Obtido em 2 de 4 de 2022, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978915009579>

- Cruz, A. J. (s.d.). *OS PIGMENTOS NATURAIS UTILIZADOS EM PINTURA*. Obtido em 1 de 5 de 2022, de <http://www.ciarte.pt/artigos/pdf/200701.pdf>
- Daisy Murray, C. J. (3 de 3 de 2022). *77 Sustainable Clothing Brands That Are Anything But Boring*. Obtido em 12 de 5 de 2022, de Elle UK: <https://www.elle.com/uk/fashion/what-to-wear/g22788319/sustainable-fashion-brands-to-buy-from-now/>
- David R. Waring, G. H. (1990). *The chemistry and application of dyes*. Obtido em 14 de 5 de 2022
- Design, K. (s.d.). *Sustainability*. Obtido em 15 de 2 de 2022, de Krill Design: <https://krilldesign.net/sustainability/>
- Doveil, F. (6 de 4 de 2020). *The future belongs to biomaterials. How designers are taking up the challenge*. Obtido em 12 de 5 de 2022, de LIFEGATE: <https://www.lifegate.com/biomaterials-design-future>
- Durocher, Y. (1 de 9 de 2020). *Circular Economy And The Textile Industry*. Obtido em 4 de 2 de 2022, de Forbes: <https://www.forbes.com/sites/forbesagencycouncil/2020/12/01/circular-economy-and-the-textile-industry/?sh=36d62b4157a9>
- eco.nomia. (s.d.). *Naz, elegância e sustentabilidade*. Obtido em 22 de 7 de 2022, de eco.nomia: <https://eco.nomia.pt/pt/exemplos/naz>
- EUROPEIA, C. (11 de 3 de 2020). *COMISSÃO EUROPEIA*. Obtido em 23 de 2 de 2022, de União Europeia: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/HTML/?uri=CELEX:52020DC0098&from=EN>
- Europeu, P. (29 de 12 de 2020). *Parlamento Europeu*. Obtido em 13 de 2 de 2022, de <https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/society/20201208STO93327/the-impact-of-textile-production-and-waste-on-the-environment-infographic>
- Fabricate, B. (s.d.). *Our Leadership*. Obtido em 12 de 1 de 2022, de Biofabricate: Our Leadership
- Farra, E. (17 de 3 de 2021). *Stella McCartney Introduces Her First Garments Made of Mylo, the “Leather” Alternative Grown From Mushrooms*. Obtido em 3 de 3 de 2022, de Vogue: <https://www.vogue.com/article/stella-mccartney-first-mylo-mushroom-leather-alternative-ready-to-wear>
- Farzaneh Alihosseini, K.-S. J. (5 de 9 de 2008). *Antibacterial Colorants: Characterization of Prodiginines and Their Applications on Textile Materials. Biotechnology Progress*. Obtido em 30 de 4 de 2022, de <https://aiche.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1021/bp070481r>
- Fashion for good (22 de 2 de 2022). *FASHION FOR GOOD’S LATEST PROJECT TRANSFORMS AGRICULTURAL WASTE INTO FIBRES*. Obtido em 16 de 5 de

- 2022, de Fashion for good: [https://fashionforgood.com/our\\_news/the-next-generation-of-materials-from-waste/](https://fashionforgood.com/our_news/the-next-generation-of-materials-from-waste/)
- Fashion for good, A. i. (2021). *Unlocking the trillion-dollar fashion decarbonisation opportunity*. Obtido em 16 de 5 de 2022, de [https://fashionforgood.com/our\\_news/unlocking-the-trillion-dollar-fashion-decarbonisation-opportunity/](https://fashionforgood.com/our_news/unlocking-the-trillion-dollar-fashion-decarbonisation-opportunity/)
- Fatima, A. &. (2021). Bacterial Cellulose. 1-26. doi:10.1201/9781003118756-1
- Feiras, M. (12 de 2 de 2014). Microbes are the factories of the future. Obtido em 18 de 12 de 2022, de Dezeen: <https://www.dezeen.com/2014/02/12/movie-biocouture-microbes-clothing-wearable-futures/>
- Fiadeiro, J. M. (1993). *O tingimento de materiais textéis: de arte a ciência*. Obtido em 3 de 5 de 2022, de [https://www.ubi.pt/Ficheiros/Entidades/Oracoes\\_Sapiencia/Prof%20Jos%C3%A9%20Fiadeiro.pdf](https://www.ubi.pt/Ficheiros/Entidades/Oracoes_Sapiencia/Prof%20Jos%C3%A9%20Fiadeiro.pdf)
- Finney, A. (19 de 7 de 2021). *Ohmie is a 3D-printed lamp made from orange peels*. Obtido em 26 de 2 de 2022, de Dezeen: [https://www.dezeen.com/2021/07/19/ohmie-compostable-lamp-orange-peels/?li\\_source=LI&li\\_medium=bottom\\_block\\_1](https://www.dezeen.com/2021/07/19/ohmie-compostable-lamp-orange-peels/?li_source=LI&li_medium=bottom_block_1)
- Forida Parvin, S. I. (7 de 7 de 2020). A Study on the Solutions of Environment Pollutions. *Biomedical, Journal of Scientific & Technical Research*. doi:10.26717/BJSTR.2020.28.004692
- Gomes, R. (18 de 9 de 2017). *Lascaux IV: Salvem a arte rupestre*. Obtido em 18 de 6 de 2022, de RTP: <https://media.rtp.pt/extra/estreias/lascaux-iv-salvem-arte-rupestre/>
- Gudulkar, P. S. (9 de 11 de 2021). *Application of Biotechnology in Textile Industry*. Obtido em 4 de 2 de 2022, de Textile Learner: <https://textilelearner.net/application-of-biotechnology-in-textile-industry/>
- Guimarães, J. (1 de 2018). Bio Fermented Colors. *Bio Fermented Colors*. Obtido em 23 de 9 de 2021
- Gwilt, Alison Gwilt (2015). *Moda sustentável, um guia prático*.
- H&M. (29 de 3 de 2021). *The Colour Story Collection*. Obtido em 22 de 4 de 2022, de H&M: [https://www2.hm.com/pt\\_pt/life/culture/inside-h-m/colour-story-innovation.html](https://www2.hm.com/pt_pt/life/culture/inside-h-m/colour-story-innovation.html)
- H&M. (s.d.). *Let's close the loop*. Obtido em 13 de 2 de 2022, de H&M: [https://www2.hm.com/en\\_gb/sustainability-at-hm/our-work/close-the-loop.html](https://www2.hm.com/en_gb/sustainability-at-hm/our-work/close-the-loop.html)

- H&M. (s.d.). *Os inovadores*. Obtido em 24 de 4 de 2022, de H&M: [https://www2.hm.com/pt\\_pt/sustentabilidade-na-hm/our-work/innovate/the-groundbreakers.html](https://www2.hm.com/pt_pt/sustentabilidade-na-hm/our-work/innovate/the-groundbreakers.html)
- H&M. (s.d.). *Sustainability Disclosure 2021*. Obtido em 14 de 2 de 2022, de H&M: <https://hmgroupp.com/sustainability/sustainability-reporting/>
- H&M. (5 de 4 de 2022). *The Cherish Waste collection*. Obtido em 18 de 12 de 2022, de H&M: [https://www2.hm.com/it\\_it/life/culture/inside-h-m/innovation-cherish-waste.html](https://www2.hm.com/it_it/life/culture/inside-h-m/innovation-cherish-waste.html)
- Hagan, E. &. (2021). Statistics of the early synthetic dye industry. *Heritage Science*. Obtido em 27 de 4 de 2022, de [https://www.researchgate.net/publication/350203712\\_Statistics\\_of\\_the\\_early\\_synthetic\\_dye\\_industry](https://www.researchgate.net/publication/350203712_Statistics_of_the_early_synthetic_dye_industry)
- Hahn, J. (27 de 11 de 2020). *Solar panels made from food waste win inaugural James Dyson Sustainability Award*. Obtido em 2022 de 3 de 14, de Dezeen: [https://www.dezeen.com/2020/11/27/aureus-carvey-ehren-maigue-james-dyson-awards-sustainability/?li\\_source=LI&li\\_medium=bottom\\_block\\_1](https://www.dezeen.com/2020/11/27/aureus-carvey-ehren-maigue-james-dyson-awards-sustainability/?li_source=LI&li_medium=bottom_block_1)
- Hahn, J. (22 de 8 de 2020). *Tômtex is a leather alternative made from waste seafood shells and coffee grounds*. Obtido em 23 de 3 de 2022, de Dezeen: <https://www.dezeen.com/2020/08/22/tomttx-leather-alternative-biomaterial-seafood-shells-coffee/>
- Hahn, J. (4 de 2 de 2021). *Sneature is a compostable trainer made from 3D-knitted dog hair*. Obtido em 22 de 3 de 2022, de Dezeen: [https://www.dezeen.com/2021/02/04/sneature-emilie-burfeind-trainer-design/?li\\_source=LI&li\\_medium=bottom\\_block\\_1](https://www.dezeen.com/2021/02/04/sneature-emilie-burfeind-trainer-design/?li_source=LI&li_medium=bottom_block_1)
- Hassan, M. &.-Q. (4 de 2019). Biopolymers; Definition, Classification and Applications. *Egyptian Journal of Chemistry*. Obtido em 24 de 4 de 2022, de [https://www.researchgate.net/publication/332538701\\_Biopolymers\\_Definition\\_Classification\\_and\\_Applications](https://www.researchgate.net/publication/332538701_Biopolymers_Definition_Classification_and_Applications)
- Houssni El -Saied, M. A. (2019). Ecofriendly green conversion of potato peel wastes to high productivity bacterial cellulose. *Carbohydrate Polymers*, 211, pp. 75-83. doi:<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.01.095>.
- Infopedia. (11 de 5 de 2022). *Pigmentos fotossintéticos*. Obtido em 13 de 5 de 2022, de Infopedia Porto Editora: [https://www.infopedia.pt/apoio/artigos/\\$pigmentos-fotossinteticos](https://www.infopedia.pt/apoio/artigos/$pigmentos-fotossinteticos)
- J.R. Barnett, S. M. (2006). Colour and art: A brief history of pigments. *Optics & Laser Technology*, 38, pp. 445-453. doi:<https://doi.org/10.1016/j.optlastec.2005.06.005>



- Jahandideh, A. &. (1 de 2021). *Biopolymers in textile industries*,. Obtido em 23 de 4 de 2022, de [https://www.researchgate.net/publication/347886546\\_Biopolymers\\_in\\_textile\\_industries](https://www.researchgate.net/publication/347886546_Biopolymers_in_textile_industries)
- Jing Wang, J. T. (2019). Bacterial cellulose production, properties and applications with different culture methods – A review. *Carbohydrate Polymers*, 219, 63-76. doi:<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.05.008>.
- Jyotshana Sharma, S. S. (6 de 2021). Classification and impact of synthetic textile dyes on Aquatic Flora: A review. *Regional Studies in Marine Science*, 45. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rsma.2021.101802>.
- Kamla Malik, J. T. (1 de 12 de 2012). Microbial Pigments: A review. *International Journal of Microbial Resource Technology*. Obtido em 5 de 4 de 2022, de [https://www.researchgate.net/profile/Kamla-Malik/publication/324835431\\_Microbial\\_Pigments\\_A\\_review/links/5af256dca6fdcc24364f1193/Microbial-Pigments-A-review.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Kamla-Malik/publication/324835431_Microbial_Pigments_A_review/links/5af256dca6fdcc24364f1193/Microbial-Pigments-A-review.pdf)
- Kamyar Shirvanimoghaddam, B. M. (20 de 5 de 2020). Death by waste: Fashion and textile circular economy case. *Science of The Total Environment*, 718. Obtido em 2 de 3 de 2022, de Science of The Total Environment,: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969720308275>
- Kanelli, M. M.-R. (10 de 7 de 2018). Microbial Production of Violacein and Process Optimization for Dyeing Polyamide Fabrics With Acquired Antimicrobial Properties. *Frontiers in microbiology*. Obtido em 28 de 4 de 2022, de <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.01495>
- Kerrice Bailey, A. B. (29 de 3 de 2022). The Environmental Impacts of Fast Fashion on Water Quality.: A Systematic Review. *Water*. doi:<https://doi.org/10.3390/w14071073>
- Kiron, M. I. (14 de 6 de 2021). *Requirements of Dyes and Pigments and Their Differences*. Obtido em 14 de 3 de 2022, de Textile learner: <https://textilelearner.net/dyes-and-pigments/>
- Kiron, M. I. (26 de 9 de 2021). *Textile Fibers and Their Classification*. Obtido em 13 de 4 de 2022, de Textile Learner: <https://textilelearner.net/classification-of-textile-fibers/>
- Lagashetti, A. &. (11 de 2019). Fungal Pigments and Their Prospects in Different Industries. *Microorganisms*. Obtido em 25 de 4 de 2022, de [https://www.researchgate.net/publication/337451750\\_Fungal\\_Pigments\\_and\\_Their\\_Prospects\\_in\\_Different\\_Industries#fullTextFileContent](https://www.researchgate.net/publication/337451750_Fungal_Pigments_and_Their_Prospects_in_Different_Industries#fullTextFileContent)

- Leonora Fuxman, I. M. (2022). The new 3Ps of sustainability marketing: The case of fashion. *Sustainable Production and Consumption*, 31, 384-396. doi:<https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.03.004>.
- Lululemon. (7 de 7 de 2021). Lululemon reveals Mylo products. Obtido em 21 de 6 de 2022, de Lululemon: <https://info.lululemon.com/about/media/lululemon-mylo>
- Mahfuzur Rahman, M. M.-P. (Outubro de 2020). The use of biotechnologies in textile processing and environmental sustainability: An emerging market context. *Technological Forecasting and Social Change*, 159. Obtido em 15 de 4 de 2022, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162520310301>
- Mahfuzur Rahman, M. M.-P. (Outubro de 2020). The use of biotechnologies in textile processing and environmental sustainability: An emerging market context. 159. Obtido em 17 de 4 de 2022, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162520310301>
- Makhula, A. T. (s.d.). *What is Fabric Dyeing in Textiles? History & Types of Dyeing Process*. Obtido em 24 de 4 de 2022, de Engineering Textile: <https://engineeringtextile.com/wet-processing/dyeing/167-textile-fabric-dyeing-definition-history-types>
- Marin, O. (15 de 10 de 2020). *Colouring clothes with bacteria*. Obtido em 14 de 3 de 2022, de Atlas of the Future : <https://atlasofthefuture.org/project/pili-bio/>
- Mário de Araújo, M. e. (s.d.). *Manual da engenharia têxtil* (Vol. II). Obtido em 23 de 9 de 2022
- Marquis, C. (14 de 5 de 2021). *What Does Slow Fashion ‘Actually’ Mean?* Obtido em 3 de 2 de 2022, de Forbes: <https://www.forbes.com/sites/christophermarquis/2021/05/14/what-does-slow-fashion-actually-mean/?sh=1953585473b4>
- McLaren, K. (1986). *The Colour Science of Dyes and Pigments* . Obtido em 3 de 5 de 2022
- Medium. (12 de 4 de 2021). *Living Colour – A sustainable approach to dying textiles in collaboration with Puma*. Obtido em 12 de 5 de 2022, de Medium: <https://medium.com/earthly-matter/living-colour-a-sustainable-approach-to-dying-textiles-in-collaboration-with-puma-27e00d6fbb7>
- Mira1, E. (s.d.). DEMONSTRATION OF NEW NATURAL DYES FROM ALGAE AS SUBSTITUTION OF. Obtido em 15 de 4 de 2022, de [https://aeett.files.wordpress.com/2017/01/p37\\_mira\\_demonstration.pdf](https://aeett.files.wordpress.com/2017/01/p37_mira_demonstration.pdf)
- Moda, M. (s.d.). *Insecta Shoes trabalha com ‘couro’ de abacaxi*. Obtido em 5 de 8 de 2022, de Mondo Moda: Insecta Shoes trabalha com ‘couro’ de abacaxi
- Mohamed Berradi, R. H. (2019). Textile finishing dyes and their impact on aquatic envions. *Heliyon*, 5. doi:<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02711>.

- Mohammed, B. &. (1 de 2020). LOCAL CULTURE MEDIUM FROM THE LEGUMES MIXTURE AS A NOVEL MEDIA FOR THE GROWTH AND STIMULATION OF PRODIGIOSIN PIGMENT WHICH PRODUCTION FROM SERRATIA MARCESCENS THAT ISOLATED ENVIRONMENTALLY. *Plant Archives*, 20. Obtido em 4 de 5 de 2022, de 339427521\_LOCAL\_CULTURE\_MEDIUM\_FROM\_THE\_LEGUMES\_MIXTURE\_AS\_A\_NOVEL\_MEDIA\_FOR\_THE\_GROWTH\_AND\_STIMULATION\_OF\_PRODIGIOSIN\_PIGMENT\_WHICH\_PRODUCTION\_FROM\_SERRATIA\_MARCESCENS\_THAT\_ISOLATED\_ENVIRONMENTALLY
- Morgan, A. (Realizador). (2015). *The True Cost* [Filme].
- Movement, R. (s.d.). Recycle Movement. Obtido em 10 de 10 de 2022, de Recycle Movement: <https://get.remookey.com/?templates=rm20097-lanificio-bigagli-bolivia-bogota>
- Mukherjee, G. M. (2017). Fungal Pigments: An Overview. Em *Developments in Fungal Biology and Applied Mycology* (pp. 525–541). Singapura. Obtido em 14 de 3 de 2022, de [https://doi.org/10.1007/978-981-10-4768-8\\_26](https://doi.org/10.1007/978-981-10-4768-8_26)
- Museum, S. (9 de 4 de 2019). *The Colourful chemistry of artificial dyes*. Obtido em 17 de 6 de 2022, de Science Museum: <https://www.sciencemuseum.org.uk/objects-and-stories/chemistry/colourful-chemistry-artificial-dyes>
- Myers, W. (17 de 3 de 2021). *WHAT BIODESIGN MEANS TO ME* . Obtido em 12 de 5 de 2022, de Bio Design : <https://www.biodesigned.org/will-myers/what-biodesign-means-to-me>
- Mylo. (8 de 2 de 2022). *MYLO™ MEDITATION & YOGA COLLECTION BY LULULEMON*. Obtido em 1 de 4 de 2022, de Mylo: <https://www.mylo-unleather.com/stories/mylo-meditation-and-yoga-collection-by-lululemon/>
- Mylo. (s.d.). *Meet Mylo*. Obtido em 26 de 2 de 2022, de Mylo: <https://www.mylo-unleather.com/>
- Narsing Rao, M. X. (2017). Fungal and Bacterial Pigments: Secondary Metabolites with Wide Applications. *Frontiers in microbiology*. doi:<https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01113>
- NAZ. (s.d.). *OUR MATERIALS*. Obtido em 13 de 3 de 2022, de NAZ: <https://naz.pt/pages/materials>
- Nur Nasha Musa, N. Z. (2019). Chemical and Physical Parameters Affecting Bacterial Pigment Production. *Materials Today: Proceedings*, pp. 1608-1617. Obtido em 30 de 4 de 2022, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785319338751>

- Oeko-Tex. (20 de 3 de 2020). *How to reduce water pollution in the textile industry*. Obtido em 16 de 5 de 2022, de Oeko-Tex: <https://www.oeko-tex.com/en/news/blog/how-to-reduce-water-pollution-in-the-textile-industry>
- Organization, W. D. (25 de 9 de 2020). *Designing Towards a circular economy*. Obtido em 18 de 12 de 2022, de World Design Organization: <https://wdo.org/designing-towards-circular-economy/>
- Orsini, K. (31 de 10 de 2021). *Growing bacteria, creating colour*. Obtido em 26 de 6 de 2022, de Atlas of the future: <https://atlasofthefuture.org/project/faber-futures/>
- Õun, R. (5 de 8 de 2020). *Fashion Bacteria*. Obtido em 8 de 9 de 2022, de Atlas of the future: [https://atlasofthefuture.org/project/riina-o/?fbclid=IwAR2dKbqkHEwXtjrV6eZJgLnifU\\_ldk3E23HzGRcKjWi\\_X4s7OgejoHWMmKk](https://atlasofthefuture.org/project/riina-o/?fbclid=IwAR2dKbqkHEwXtjrV6eZJgLnifU_ldk3E23HzGRcKjWi_X4s7OgejoHWMmKk)
- Pagels F, P. R. (3 de 6 de 2021). Extraction of Pigments from Microalgae and Cyanobacteria—A Review on Current Methodologies. *Applied Sciences*. Obtido em 7 de 5 de 2022, de <https://www.mdpi.com/2076-3417/11/11/5187#cite>
- Palanivel Velmurugan, S. K.-K.-C.-T. (20 de 1 de 2010). Natural pigment extraction from five filamentous fungi for industrial applications and dyeing of leather. *Carbohydrate Polymers*, 79, 262-268. Obtido em 18 de 4 de 2022, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144861709004202>
- Path, N. (27 de 6 de 2018). *WHAT'S THE DIFFERENCE: BIODEGRADABLE AND COMPOSTABLE*. Obtido em 3 de 5 de 2022, de Nature Path: <https://www.naturespath.com/en-us/blog/whats-difference-biodegradable-compostable/>
- Patrizia D'Olivo, E. K. (10 de 2021). Materials Framing: A Case Study of Biodesign Companies' Web Communications. *She Ji: The Journal of Design, Economics, and Innovation*, 7, 403-434. doi:<https://doi.org/10.1016/j.sheji.2021.03.002>.
- Peleg Mizrachi, M. &. (6 de 2022). Sustainable Fashion—Rationale and Policies. *Encyclopedia*. doi:10.3390/encyclopedia2020077
- Pownall, A. (4 de 1 de 2019). *Hugo Boss designs vegan shoes that replace leather with pineapple-based material*. Obtido em 12 de 4 de 2022, de Dezeen: <https://www.dezeen.com/2019/01/04/hugo-boss-vegan-shoes-pineapple-pinatex-design/>
- Pucker, K. P. (13 de 1 de 2022). *The Myth of Sustainable Fashion*. Obtido em 12 de 5 de 2022, de Harvard Business Review: <https://hbr.org/2022/01/the-myth-of-sustainable-fashion>
- Puma. (2021). *DESIGN TO FADE*. Obtido em 12 de 5 de 2022, de Puma: <https://about.puma.com/en/innovation/design-to-fade>

- Qobilov, R. (26 de 2 de 2015). *BBC news*. Obtido em 5 de 1 de 2022, de BBC news: [https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2015/02/150226\\_mar\\_aral\\_gch\\_lab](https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2015/02/150226_mar_aral_gch_lab)
- Rasha A. Metwally, A. E.-S. (9 de 2021). Antimicrobial activity of textile fabrics dyed with prodigiosin pigment extracted from marine *Serratia rubidaea* RAM\_Alex bacteria. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, 47, 301-305. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ejar.2021.05.004>.
- Reeta Rani Singhanian, A. K.-S.-W.-D. (1 de 2022). Developments in bioprocess for bacterial cellulose production. *Bioresource Technology*, 344. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.126343>
- Regan, H. (29 de 9 de 2020). *Asian rivers are turning black, and our colorful closets are to blame*. Obtido em 20 de 4 de 2022, de CNN: <https://edition.cnn.com/style/article/dyeing-pollution-fashion-intl-hnk-dst-sept/index.html>
- Regan, H. (29 de 9 de 2020). *Asian rivers are turning black. And our colorful closets are to blame* . Obtido em 16 de 5 de 2022, de CNN: <https://edition.cnn.com/style/article/dyeing-pollution-fashion-intl-hnk-dst-sept/index.html>
- Rinkesh (s.d.). What is biotechnology? Obtido em 15 de 3 de 2022, de Conserve Energy Future: <https://www.conserve-energy-future.com/biotechnology-types-examples-applications.php>
- Ro, C. (11 de Março de 2020). *BBC*. Obtido em 4 de 1 de 2022, de BBC: <https://www.bbc.com/future/article/20200310-sustainable-fashion-how-to-buy-clothes-good-for-the-climate>
- Rodrigo Rezende Cardoso, R. O. (2020). Kombuchas from green and black teas have different phenolic profile, which impacts their antioxidant capacities, antibacterial and antiproliferative activities. *Food Research International*, 128. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108782>
- S Moldovan, M. F. (2017). Printing of cotton with eco-friendly, red algal pigment from. Obtido em 2 de 5 de 2022, de <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/254/19/192011/pdf>
- S. Gordon, Y.-L. H. (2007). In Woodhead Publishing Series in Textiles,. Em Y.-L. H. S. Gordon, *In Woodhead Publishing Series in Textiles,Cotton* (pp. xv-xx). Woodhead Publishing. Obtido em 24 de 11 de 2021
- Sanvt. (1 de 3 de 2021). *Sustainable fashion*:. Obtido em 16 de 5 de 2022, de Sanvt: <https://sanvt.com/journal/what-makes-a-fashion-brand-sustainable/>

- Schück, J. B. (s.d.). *Metal Magazine*. Obtido em 20 de 8 de 2022, de Rave Review: <https://metalmagazine.eu/en/post/interview/rave-review-the-future-of-sustainable-fashion-is-now>
- Seong Yeol Choi, K.-h. Y. (3 de 8 de 2015). " Violaceína: Propriedades e produção de um pigmento bacteriano versátil ". *BioMed Research International* . doi:<https://doi.org/10.1155/2015/465056>
- Serena Camere, E. K. (10 de 6 de 2018). Fabricating materials from living organisms: An emerging design practice. *Journal of Cleaner Production*, 186, pp. 570-584. Obtido em 12 de 4 de 2022, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652618307388>
- Serena Camere, E. K. (10 de 6 de 2018). Fabricating materials from living organisms: An emerging design practice. *Journal of Cleaner Production*, 186, 570-584. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.081>.
- Shoes, I. (s.d.). *Insecta Shoes*. Obtido em 30 de 6 de 2022, de Insecta Shoes: <https://www.insectashoes.com/>
- Silva, M. (19 de 7 de 2021). *Guia para as certificações de Moda sustentável*. Obtido em 13 de 3 de 2022, de Vogue: <https://www.vogue.pt/guia-para-as-certificacoes-de-moda-sustentavel>
- Silva, M. (19 de 7 de 2021). *Guia para as certificações de Moda Sustentável* . Obtido em 21 de 5 de 2022, de Vogue: <https://www.vogue.pt/guia-para-as-certificacoes-de-moda-sustentavel>
- Silvana T. Silveira, D. J. (1 de 2008). Pigment production by *Monascus purpureus* in grape waste using factorial design. *LWT - Food Science and Technology*, 41, pp. 170-174. Obtido em 28 de 4 de 2022, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643807000710>
- Smith, L. (29 de 6 de 2018). *THE RED CRAZE*. Obtido em 28 de 5 de 2022, de Fashion History Timeline: <https://fashionhistory.fitnyc.edu/the-red-craze/>
- Standard, G. O. (2021). *The Standard*. Obtido em 6 de 6 de 2022, de Global Organic Textile Standard: <https://global-standard.org/the-standard>
- Sunita Varjani, P. R. (2020). Microbial degradation of dyes: An overview,. *Bioresource Technology*, 314. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.123728>.
- Threads, B. (23 de 4 de 2022). *Meet Mylo*. Obtido de Bolt Threads: <https://boltthreads.com/technology/mylo/>
- Threads, B. (s.d.). *THE FUTURE OF HIGH-PERFORMANCE MATERIALS*. Obtido em 2 de 1 de 2022, de Bolt Threads: <https://boltthreads.com/about-us/>
- Threads, B. (s.d.). Microsilk. Obtido em 18 de 12 de 2022, de Bolt Threads: <https://boltthreads.com/technology/microsilk/>

- Tim Robinson, G. M. (Maio de 2001). Remediation of dyes in textile effluent: a critical review on current treatment technologies with a proposed alternative. *Bioresource Technology*, 77(3), pp. 247-255. Obtido em 28 de 3 de 2022, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852400000808>
- Timeline, F. H. (9 de 8 de 2019). Aniline dyes. Obtido em 18 de 12 de 2022, de Fashion History Timeline: <https://fashionhistory.fitnyc.edu/aniline-dyes/>
- Tômtex. (2021). *WHAT IF WE CAN USE WASTE AS RAW MATERIAL ?* Obtido em 15 de 4 de 2022, de Tômtex: <https://www.tomtex.co/our-story>
- Union, C. (s.d.). *Programas de certificação*. Obtido em 24 de 4 de 2022, de Control Union: <https://certifications.controlunion.com/pt/certification-programs/certification-programs>
- Upadhye, N. Y. (8 de 9 de 2021). *Synthetic Dyes in Textiles*. Obtido em 25 de 4 de 2022, de Textile Learner: [https://textilelearner.net/synthetic-dyes-in-textiles/?fbclid=IwAR3bijymhN76hmxvHdhEuB-Z4MvzXEOC6VYSoF6P2grP8DoudjLZjFCd\\_eU](https://textilelearner.net/synthetic-dyes-in-textiles/?fbclid=IwAR3bijymhN76hmxvHdhEuB-Z4MvzXEOC6VYSoF6P2grP8DoudjLZjFCd_eU)
- Usman HM, A. N. (2017). Bacterial pigments and its significance. *MOJ Bioequiv Availab*, 285-288. doi:10.15406/mojbb.2017.04.00073
- Venil, C., Velmurugan, P., Dufossé, L., Renuka Devi, P., & Ravi, V. (20 de 5 de 2020). Fungal Pigments: Potential Coloring Compounds for Wide Ranging Applications in Textile Dyeing. *Journal of fungi*. Obtido em 26 de 4 de 2022, de <https://www.mdpi.com/2309-608X/6/2/68>
- Vidyasagar, A. (4 de 6 de 2016). *What Are Algae?* Obtido em 18 de 4 de 2022, de Live science: <https://www.livescience.com/54979-what-are-algae.html>
- Vision, P. (2 de 11 de 2021). *Smart Keys: Ecological and ethical accessories*. Obtido em 12 de 9 de 2022, de Premiere Vision: <https://www.premierevision.com/en/magazine/smart-keys-7-ecological-and-ethical-accessories/>
- Voicu D. Dragomir, M. D. (2022). Practical solutions for circular business models in the fashion industry. *Cleaner Logistics and Supply Chain*, 4. doi:<https://doi.org/10.1016/j.clscn.2022.100040>.
- wearkent. (29 de 7 de 2021). *wearkent*. Obtido em 5 de 5 de 2022, de Synthetic Dyes vs. Natural Dyes: <https://www.wearkent.com/blogs/news/synthetic-dyes-vs-natural-dyes>
- Wren, B. (2022). Sustainable supply chain management in the fast fashion Industry: A comparative study of current efforts and best practices to address the climate crisis. *Cleaner Logistics and Supply Chain*, 4. doi:<https://doi.org/10.1016/j.clscn.2022.100032>.

- Xuandong Chen, H. A. (6 de 7 de 2021). Circular Economy and Sustainability of the Clothing and Textile Industry. *Materials Circular Economy*. Obtido em 7 de 2 de 2022, de <https://doi.org/10.1007/s42824-021-00026-2>
- Yusuf, M. S. (16 de 1 de 2017). Natural Colorants: Historical, Processing and Sustainable Prospects. *Natural Products and Bioprospecting*, 123–145. doi:<https://doi.org/10.1007/s13659-017-0119-9>
- Yusuf, M. S. (16 de 1 de 2017). Natural Colorants: Historical, Processing and Sustainable Prospects. Yusuf, M., Shabbir, M. & Mohammad, F. *Natural Colorants: Historical, Processi Nat. Prod. Bioprospect*, 123-145. doi:<https://doi.org/10.1007/s13659-017-0119-9>
- Zanoni, C. C. (2 de 2000). Textile dyes. Obtido em 1 de 5 de 2022, de <https://www.scielo.br/j/qn/a/Hn6J5zNqDxVJwX495d4fnLL/?lang=pt>

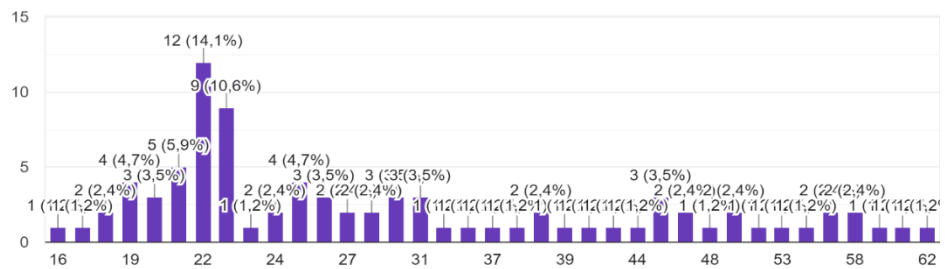


# Anexos

## 1. Questionário

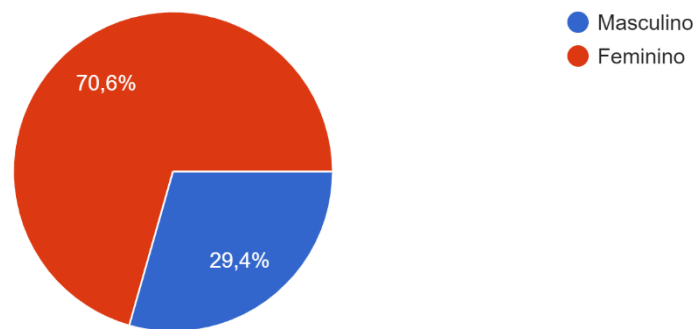
Para o desenvolvimento deste projeto foi desenvolvido um inquérito (disponível em anexo), onde os inquiridos são questionados sobre a periodicidade com que compram roupa, quais as suas marcas de eleição e se consideram o tema sustentabilidade na moda algo importante.

Idade  
85 respostas



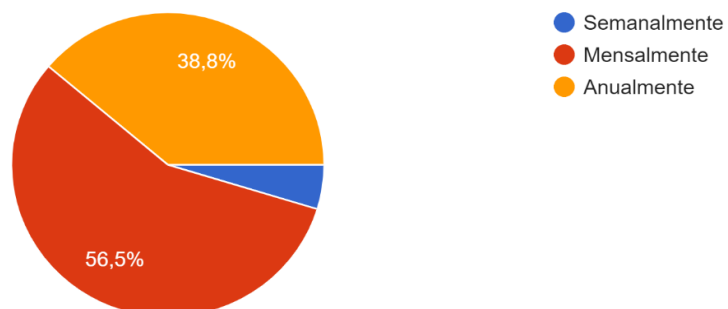
Sexo

85 respostas



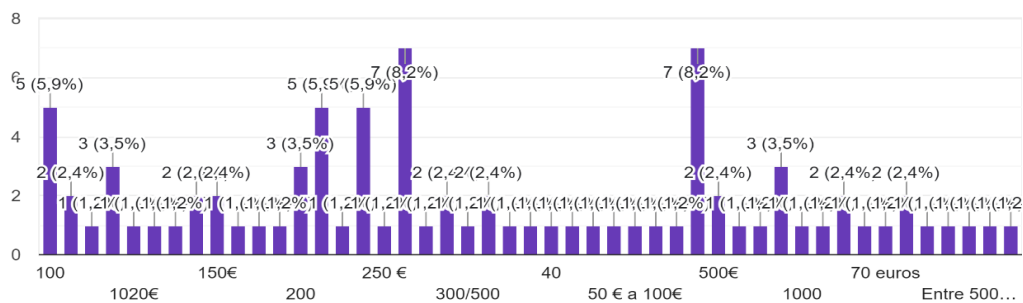
Com que frequência compra roupa?

85 respostas



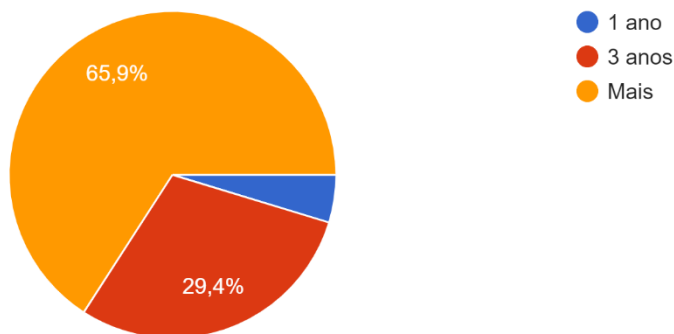
Em média, quanto dinheiro gasta em roupa anualmente?

85 respostas



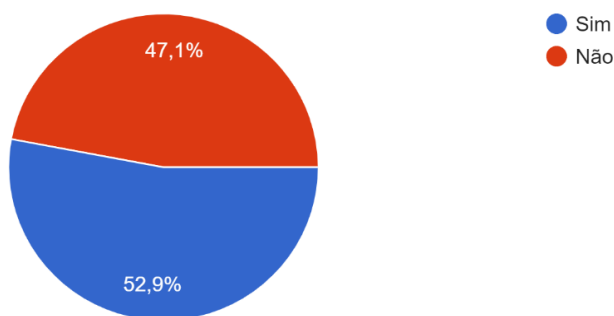
Depois de realizar a compra quanto tempo demora até descartar a peça?

85 respostas



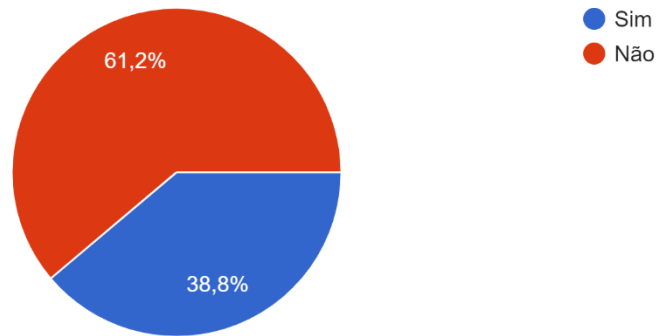
Repara na composição da sua peça ou em que país a mesma é confeccionada?

85 respostas



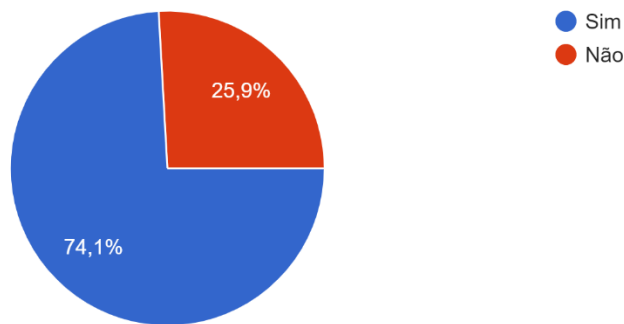
Já comprou roupa em segunda mão?

85 respostas



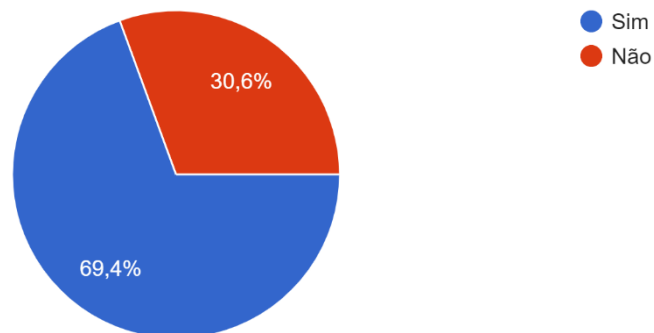
Estava disposto a investir mais dinheiro na compra de peças de peças mais sustentáveis?

85 respostas



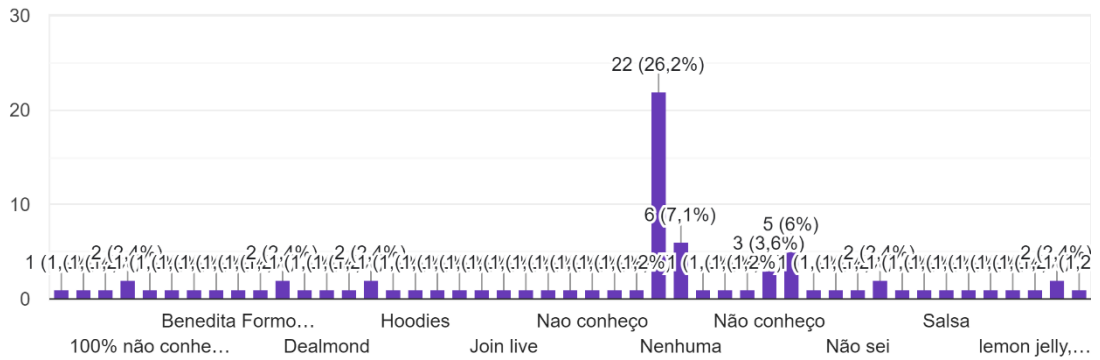
Considera que a industrial têxtil contribui de forma ativa para as alterações climáticas?

85 respostas



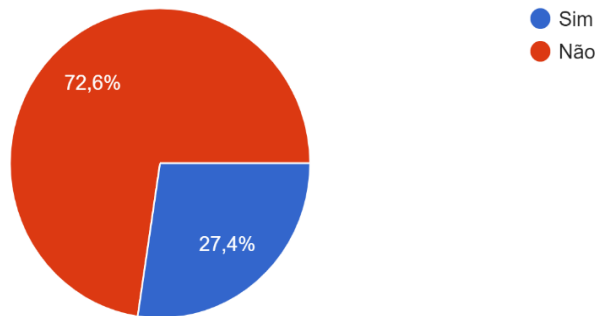
Que marcas sustentáveis conhece?

84 respostas



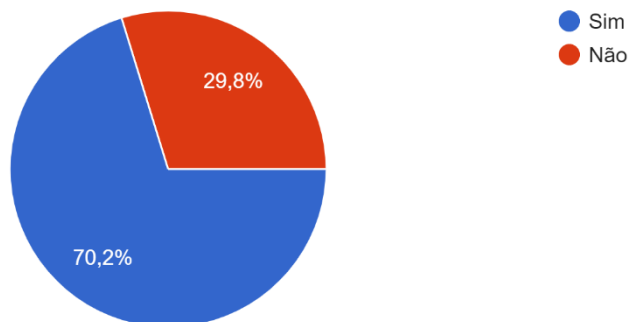
Tem conhecimento acerca da produção/tingimento de vestuário através de bactérias não patogénicas (sem prejuízo para a saúde humana)?

84 respostas



Compraria roupa desenvolvida através da produção dessas mesmas bactérias?

84 respostas



## 2. Ficha técnica – Soutien

CELUBAT COLLECTION	Descrição: Soutien	Material: Celulose Bacteriana e Algodão
	Coleção: Summer 2023	Aviamentos: Bretel de 7mm
	Tamanho: XXS	

### Frente

Celulose Bacteriana

16,5cm

12cm

### Costas

Algodão

18,5cm

7cm

29cm