

Bi○STUDI○:

do tecido plano ao cultivo de tecidos vivos

Universidade de Brasília  
Instituto de Artes  
Programa de Pós-graduação em Design

Breno Tenório Ramalho de Abreu

**BioStudio:**  
do tecido plano ao cultivo de tecidos vivos

Brasília  
2015

Breno Tenório Ramalho de Abreu

**BioStudio:**

do tecido plano ao cultivo de tecidos vivos

Defesa de dissertação apresentada no Programa de Pós-graduação em Design, Linha de pesquisa Design, Cultura e Sociedade, da Universidade de Brasília, como requisito para obtenção do título de Mestre em Design.

Orientador: Prof. Dr. Christus Menezes da Nóbrega

Coorientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dra. Gláucia Manoella de Souza Lima

Brasília  
2015

Ficha catalográfica elaborada automaticamente,  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

A162b Abreu, Breno Tenório Ramalho de  
BioStudio: do tecido plano ao cultivo de tecidos vivos / Breno Tenório Ramalho de Abreu; orientador Christus Menezes da Nóbrega; co-orientador Gláucia Manoella de Souza Lima. -- Brasília, 2015.  
150 p.

Dissertação (Mestrado - Mestrado em Design) --  
Universidade de Brasília, 2015.

1. Biodesign . 2. Tingimento . 3. Design de superfície . 4. Actinobactéria. I. Nóbrega, Christus Menezes da, orient. II. Lima, Gláucia Manoella de Souza, co-orient. III. Título.

# BIOSTUDIO: DO TECIDO PLANO AO CULTIVO DE TECIDOS VIVOS

**Breno Tenório Ramalho de Abreu**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Design do Instituto de Artes da Universidade de Brasília como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Design.

Aprovada por:



Prof. Dr. Christus Menezes da Nóbrega  
IdA/DIn/UnB



Prof. Dr.ª Marisa Cobbe Maass  
IdA/DIn/UnB



Prof.ª Lavínnia Seabra Gomes  
UFG

Brasília-DF, 10 de Julho de 2015

Coordenação de Pós-Graduação em Design do Departamento de Desenho Industrial – Instituto de Artes /UnB

## DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho as pessoas, pessoa que acreditam no seu poder transformador e tornam a vida de outras pessoas melhor a cada dia.

## **AGRADECIMENTOS**

São tantas pessoas, que nomes não caberiam.

A minha família pela paciência, amor e presença.

Aos amigos pelo companheirismo, pela crença e pelo afago.

Aos professores pelo compartilhamento, persistência e atenção.

Aos companheiros de trabalho pela vivência, alegria e sabedoria.

Aos alunos pelo estímulo, por acreditar e dividir.

A Universidade de Brasília, a Universidade Federal de Pernambuco e ao Centro Universitário IESB pelo apoio, oportunidade e acolhimento.

## EPÍGRAFE

*“E procurei minhas raízes, como todo jovem em um certo momento procura...”*

*Mas um rio nunca pode subir outra vez até a nascente. É preciso seguir em frente e adaptar-se, criar novas raízes.”*

(Charly Braun)

## RESUMO

O Biodesign procura empregar organismos vivos na composição de produtos e serviços oferecidos a sociedade. Baseado nesta ideia, e diante da necessidade de trabalhos que promovam inovação em processos de fabricação têxtil na área de tingimento e design de superfícies, esta pesquisa interdisciplinar surge com o objetivo de relacionar o Biodesign e o vestuário por meio de testes de coloração de tecidos orgânicos e criação de estampas utilizando linhagens de actinobactéria. Para isto, foi utilizada uma metodologia exploratória separada em laboratórios de cor, superfície e APP (teste de formas e experimentação). Após obtidas as colorações e estampas/colônias de actinobactérias, os tecidos foram submetidos a lavagem e passagem. Posteriormente serão estudadas melhores técnicas de fixação da estampa após a lavagem, assim como é de interesse deste projeto estudar e purificar os pigmentos produzidos por estas linhagens de actinobactérias, e a interação entre estas estampas produzidas e a pele do usuário, assim como análises morfológicas, microscópicas e de patogenicidade das linhagens que geraram melhores resultados.

**Palavras-chave:** Biodesign; Tingimento; Design de superfície; Actinobactéria.

## **ABSTRACT**

Biodesign employs living organisms in the composition of products and services offered to society. Based on this idea, and faced with the need to promote innovation in manufacturing processes in textile dyeing and surface design, this interdisciplinary research appears with the objective to relate Biodesign and fashion through the staining of natural fibers and creation of patterns using actinobacteria strains. For this purpose, it was done an exploratory laboratory methodology separated on laboratories of color, surface, and APP (forms and experimentation test). After obtaining the dyes and patterns/colonies, tissues were washed and ironed. Later, this work pretend to study the best adherence techniques, and is of interest of this project to purify the pigments produced by these strains of actinomycetes, and study the interaction between these products and the skin of the user, as well as do morphological analyzes, microscopy and pathogenicity tests of the strains that have generated better results.

**Keywords:** Biodesign; Dyeing; Surface design; Actinobacteria.

## SUMÁRIO

MEMORIAL.....	11
INTRODUÇÃO.....	14
1. REFERENCIAL TEÓRICO.....	22
1.1 Biomimética.....	22
1.2 Biodesign.....	28
1.2.1 Biocouture.....	34
1.2.2 Biological Atelier.....	36
1.2.3 Algerium.....	37
1.2.4 Edunia.....	39
1.3 Moda e sustentabilidade.....	42
1.4 Actinobactérias.....	51
1.5 Design de superfície.....	60
2. LABORATÓRIO DE COR.....	72
2.1 Meio sólido em placa de Petri.....	74
2.2 Meio líquido em erlenmeyer.....	75
2.3 Meio líquido em placa de Petri.....	76
2.4 Teste em diferentes tipos de tecido.....	77
2.5 Resultados.....	78
2.6 Análise dos resultados.....	96
3. LABORATÓRIO DE SUPERFÍCIE.....	99
3.1 Meio sólido com tecido.....	99
3.2 Meio sólido sem o tecido.....	101
3.3 Estamparia figurativa.....	102
3.4 Resultados.....	102
3.5 Análise dos Resultados.....	109
4. LABORATÓRIO DE APP.....	111
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	140
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	146
GLOSSÁRIO.....	150
ANEXOS.....	154

## MEMORIAL

Os estudos de Biologia sempre foram um atrativo em minha formação, que resultou em minha primeira graduação. Nesse período me dediquei ao estudo da microbiologia desde o segundo semestre até me formar, principalmente realizando experimentos com bactérias, transformações genéticas e bioinseticidas.

No entanto, sempre vi um potencial criativo adormecido e que assumiu uma prioridade na minha satisfação pessoal e como pesquisador, que me conduziu a minha segunda formação em Design. Durante esse segundo momento eram recorrentes os temas de projetos que envolviam a natureza como inspiração.

Foi nesse processo que me deparei com os estudos da biomimética e que despertaram a minha atenção, mas sempre pensando a biologia como forma ou função e aplicando seus conceitos de forma literal nos projetos.

Durante a preparação para a concepção do projeto de mestrado, retornei a vontade de trabalhar com uma interdisciplinaridade entre biologia e design, mas de maneira mais intensa, que envolvesse experimentos laboratoriais e pensamentos e práticas integradas das duas áreas.

Aliado a elas existia um terceiro interesse, o design de superfície e as práticas sustentáveis.

Como minha experiência de trabalho no design sempre foi voltada para a indústria de moda, com criação de coleções, estamparia, material publicitário e consultoria de empresas, uni assim moda, design, biologia e estamparia em um mesmo projeto.

Independente da área de estudo em que me encontrava, também eram recorrentes as práticas docentes, que comecei a estudar durante a biologia, nas matérias de licenciatura na pedagogia, entrando pelo design nas aulas de desenho que ministrava, no ensino técnico no SENAI/DF até a vida universitária, onde faço parte das equipes do curso de Tecnologia em Design de Moda, Tecnologia em Design de Interiores e Arquitetura do Centro Universitário IESB.

A participação em tantas áreas de ensino, não me permite acreditar em áreas isoladas e em especialistas, mas na construção do conhecimento compartilhado e potencial e não mais em avaliações, mas em desenvolvimento de projetos.

Essa dissertação teve uma importância especial para mim devido ao contato maior com a cidade natal da minha família, Recife. Boa parte dos experimentos foram realizados na Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), apoiado pela minha Co-orientadora, Gláucia Lima, com a qual trabalhei no período de graduação no laboratório de microbiologia da Universidade de Brasília (UnB). Além de amiga, uma cientista sem medo de apoiar o novo, gentilmente me abrigou e forneceu as Actinobactérias da Coleção de Microrganismos do Laboratório de Antibióticos da UFPE para a realização dos testes, mesmo sem saber se os mesmos teriam resultado positivo, por se tratar de uma pesquisa experimental.

Esse retorno as “raízes”, que também acaba por apresentar um fator emocional, se mescla a própria origem das Actinobactérias, que se encontram nas raízes da vegetação da Caatinga de Pernambuco, entrelaçando referências e apresentando uma referência estéticas das manchas do passado, da terra, e da natureza de forma geral, mas com uma abordagem ao mesmo tempo contemporânea e visual futurista necessário ao design e a moda.

Esse aspecto tecnológico não poderia deixar de fazer parte do projeto e ao mesmo tempo permeá-lo como um todo, devido a convivência com meu orientador, Christus Nóbrega, que além de me guiar ao longo dessa trajetória, me apresentou tantos conceitos de arte e tecnologia, mas sempre focado nas pessoas e na leveza e delicadeza da vida.

# INTRODUÇÃO

## INTRODUÇÃO

O Design é uma área de estudo que se originou a partir de outras áreas do conhecimento como a arquitetura, a engenharia e as artes. Assim, o Design é interdisciplinar por natureza e há alguns anos essa relação com outras áreas tem sido cada vez mais expressiva, como no caso da relação Biologia e Design.

A palavra design é comumente utilizada nos livros de biologia para designar estrutura, como por exemplo o design de uma molécula, ou mesmo do próprio DNA. A biologia também utiliza ferramentas do design para criar modelos e representações de reações, estruturas moleculares e processos, gerando desde ilustrações a modelos tridimensionais.

No entanto, uma das formas mais atuais de interação da biologia com o design, tem sido como possibilidade para buscar soluções diferenciadas, como acontece com a Biônica e a Biomimética.

O princípio da Biomimética aplicada ao Design, está em observar a natureza e fazer analogias para a elaboração de produtos e sistemas, com o objetivo de encontrar soluções adequadas, sustentáveis e inesperadas para determinados projetos (LACERDA; SORANSO; FANGUEIRO, 2012).

Já a Biônica, que não será abordada neste trabalho, tem como princípio o estudo de processos biológicos dos seres vivos com a finalidade de utilizar processos parecidos na indústria. É uma espécie de imitação da natureza por meio de máquinas.

Recentemente o Design tem interagido cada vez mais com a Biologia, e foi nesse contexto que surgiu o termo Biodesign, utilizado para caracterizar projetos de Design que fazem uso de organismos vivos como parte constituinte de produtos e serviços, ou que os utilizam no processo produtivo, agregando a tecnologia de ponta da natureza à procura de soluções para a vida contemporânea (MYERS, 2012).

Uma das grandes vantagens do Biodesign, segundo Lasky (2013) é que os produtos criados não são descartados, eles são reabsorvidos pelo meio ambiente, no ciclo de nutrientes da natureza.

Na área específica do vestuário, as pesquisas que envolvem a biologia, em grande parte, se restringem ao desenvolvimento de novos materiais têxteis baseados na analogia de formas, funções ou reações de espécies diversas de organismos vivos.

No entanto, o presente trabalho pretende incorporar bactérias na produção de tecidos diversos, ou em processos de beneficiamento do vestuário, mais especificamente do design de superfície, na produção de estampas localizadas pelo método de estêncil ou serigrafia, buscando inovação para os processos da indústria de moda.

No Brasil, os estudos de Biodesign têm sido praticamente inexistentes, principalmente quando direcionados para o vestuário. Dada a sua importância, é essencial para a universidade como geradora e debatedora de conhecimento, integrar-se a esta realidade e produzir literatura específica, mas ao mesmo tempo ampla desta área, que pode ser ainda utilizada pelas engenharias, arquitetura, artes, dentre outras.

A relevância desse tema está na possibilidade do desenvolvimento de novos materiais e formas de fabricação e beneficiamento de tecidos utilizando organismos vivos ou produtos provenientes da produção celular de microrganismos.

A escolha das bactérias como o organismo para ser utilizado nesta pesquisa, se dá pela sua presença em praticamente todos os ambientes existentes na Terra, e uma boa relação com o ser humano. O certo é que as bactérias fazem mais parte de nossas vidas do que imaginamos, e sua utilização é possível desde que estabelecida a escolha de microrganismos não patogênicos.

O princípio de utilização de microrganismos no vestuário também pode gerar uma nova relação entre usuário e o objeto, pois as pessoas não estão acostumadas a ter que cuidar, tratar e conservar um produto. Quando o mesmo se desgasta, a atitude mais comum é a troca do produto. Objetos e roupas que precisam ser cultivadas, ou que podem ser renovadas por meio de microrganismos, não é algo comum para o usuário.

No entanto, a utilização de seres vivos em produtos, algumas vezes pode ser algo incontrollável, podendo ocorrer contaminações por exemplo. Neste caso, devemos procurar microrganismos que inibem o crescimento de outro próximo, produzindo se possível, algum tipo de antibiótico.

As bactérias que foram escolhidas para este projeto foram isoladas do solo da caatinga, um bioma rico e exclusivamente Brasileiro, que se destaca como fonte promissora de microrganismos de importância biotecnológica.

A bactéria escolhida, uma actinobactéria produtora de antibióticos diversos, foi selecionada principalmente por ser um microrganismo que produz pigmento e geralmente é não patogênico. Seis isolados deste filo foram reativados em laboratório a partir de amostras da caatinga de Pernambuco e submetidos aos experimentos.

Em um primeiro levantamento, ainda não foram encontrados registros de projetos que tenham obtido sucesso ao integrar bactérias a matéria prima do vestuário, o tecido, sendo esta uma das justificativas para a importância deste trabalho.

O estudo serve também como uma nova perspectiva para o desenvolvimento futuro de produtos cultiváveis no vestuário. Faz parte dos objetivos do projeto também, a proposição de uma nova experiência do vestir e a criação de uma nova possibilidade de vínculo entre usuário e roupa, além de analisar possibilidades de aplicações estéticas das bactérias no design de superfície.

Segundo a definição do dicionário mobile da língua portuguesa da Editora Porto, a palavra cultivar pode ter os seguintes significados:

1. preparar (a terra) para que ela produza; amansar;
2. fazer a cultura de (determinada espécie vegetal);
3. criar (algo) artificialmente, através de técnicas próprias;
4. formar através da educação; tornar culto; educar; instruir;
5. procurar manter; desenvolver; conservar;
6. interessar-se por.

A palavra cultivar tem então, um grande valor para o trabalho, seja na maneira de refletir e debater o design, os produtos e seu processo de criação,

assim como a maneira que o usuário vê o produto, como acabado e por isso desnecessário de cuidado e conservação. Ao mesmo tempo envolve os conceitos de criar e formar, essenciais para a sociedade, e tem vínculo estreito com a palavra cultura.

Do futuro do presente do indicativo:

eu cultivarei

tu cultivarás

ele cultivará

nós cultivaremos

vós cultivareis

eles cultivarão

Além de minimizarem a produção de material de difícil descarte e de procedência sintética, essa pesquisa pode ainda promover a criação de afeto com os produtos de moda, dissipando o conceito do descartável, e reforçando conceitos praticados pela natureza como replicação, recombinação e regeneração.

Assim, acredita-se que é possível estabelecer a ligação entre organismos vivos e a matéria prima do vestuário, o tecido, sendo os maiores desafios o suporte, conservação e nutrição destes microrganismos.

Poucos testes do Biodesign em vestuário já foram realizados ao redor do mundo e estão sendo reproduzidos em larga escala, alguns estão em período experimental e outros ainda se encontram em fase conceitual. Esses experimentos serão relatados por meio de estudos de caso ao longo do projeto.

Partindo dessa perspectiva dos estudos de Biodesign e da relação com o vestuário, definiu-se este trabalho como uma pesquisa exploratória que tem como objetivo geral: incorporar bactérias nos processos de beneficiamento dos tecidos e do vestuário.

Já como objetivos específicos, o projeto procura: incluir bactérias na composição de tecidos; identificar diferentes linhagens bacterianas que

possam ser utilizadas na produção de estampas localizadas ou no tingimento de tecidos; verificar quais cores são possíveis serem obtidas e com qual eficiência no processo de tingimento de tecidos com bactérias; produzir diferentes padrões de estampa/colônia bacteriana em tecido e verificar sua legibilidade; testar diferentes tecidos como base para a aderência da colônia bacteriana; verificar se é possível realizar a lavagem e passagem do material após a incorporação das bactérias.

O presente projeto procura ainda entender a relação entre biologia e design e sua evolução desde o surgimento da Biomimética, como esses estudos sugerem metodologias interdisciplinares, verificar quais estudos estão sendo feitos tanto na área de Biomimética quanto de Biodesign e coletar relatos dos pesquisadores sobre estas áreas de pesquisa, verificar a importância do Biodesign no desenvolvimento de produtos sustentáveis, estudar o design de superfície e relacioná-lo com a utilização de bactérias em busca de uma nova possibilidade estética e suscitar quais são as possibilidades de uso desses experimentos na vida das pessoas e na renovação industrial.

Esta pesquisa tem caráter interdisciplinar, contemplando duas áreas de conhecimento, biologia e design e assim fará uso de uma metodologia própria e flexível, em alguns momentos exploratória e descritiva, com análise de dados qualitativo.

Certa flexibilidade é requerida devido ao caráter multidisciplinar do projeto, reunindo em uma mesma reflexão design, sociedade, cultivo de organismos, sustentabilidade e moda, não existindo uma metodologia específica a ser seguida e sim instrumentos metodológicos adequados de cada uma das áreas, caracterizando ao máximo a pesquisa como exploratória.

Na realização dessa metodologia flexível, foram acionadas ferramentas metodológicas do design, que dessem suporte à resolução de problemas, sem tolir e impor restrições ao tema. Como procedimentos, estão: revisão bibliográfica para o embasamento teórico do projeto, estudos de caso, observações, experimentos com a actinobactéria em laboratório, criação de

protótipos, estudo da interação entre bactérias e tecidos planos orgânicos e análise de utilização destas interações na aplicação no vestuário.

A técnica de pesquisa será uma documentação direta, intensiva e observação sistemática em laboratório que será descrita ao longo dos capítulos que dissertam a respeito dos experimentos executados. O organismo escolhido será observado durante seu crescimento para caracterização e levantamento de variáveis e os experimentos realizados em laboratório, com controle das variáveis. Os resultados apresentados serão observados e as variáveis serão ajustadas para obtenção de tecidos mais resistentes e práticos para utilização no vestuário.

Todas as etapas foram registradas em um livro ata, de utilização comum a cientistas na realização de experimentos, mas com registros artísticos (desenhos e ilustrações), fotográficos e filmagens.

As amostras de bactérias escolhidas para a parte experimental, foram selecionadas de forma não probabilística de seleção racional. Os organismos separados para teste foram selecionados de acordo com critérios pré-estabelecidos, como facilidade de crescimento, interação saudável com o homem (ausência de patogenicidade), facilidade de nutrição, tempo de crescimento, assim como critérios estéticos como cor, textura e aparência geral.

O projeto foi então dividido em cinco capítulos baseados, a maior parte, em experimentos específicos. Cada bloco apresenta um experimento, chamado de laboratório, com um conceito norteador que desencadeia outros conceitos a serem discutidos e analisados.

O primeiro capítulo será uma revisão teórica, abordando cinco principais temas. A abertura está por conta de compreender o que é Biomimética, fazendo uma pequena revisão histórica.

Dando sequência aos estudos, o segundo tema da revisão teórica contemplará o conceito de Biodesign, seu surgimento e exemplificação por meio de estudos de casos relacionados à moda.

Para finalizar a revisão teórica, serão feitos estudos a respeito das actinobactérias para conhecer melhor o microrganismo antes de iniciados os

experimentos, já os ajustando e projetando melhor, com uma maior possibilidade de sucesso. Assim como estabelecer a relação entre moda e sustentabilidade e caracterizar o design de superfície, essencial para a realização e aplicação das bactérias neste projeto.

O segundo capítulo é a primeira parte dos experimentos, caracterizado como **Laboratório de cor**, onde foram feitos testes de incorporação da bactéria a tecidos orgânicos<sup>1</sup> como seda, algodão e linho, tanto em meios de cultura sólidos quanto líquidos e analisados por observação e por microscopia para verificar o tingimento dos tecidos.

No terceiro capítulo, denominado **Laboratório de superfície**, foi testada a aplicação da bactéria na produção de estampas com técnicas diferentes de inoculação e as estampas produzidas por meio de estêncil.

O capítulo seguinte, **Laboratório de APP**, aplica alguns conceitos apresentados e experimenta a estética trazida pelas actinobactérias, assim como pela construção conceitual dos laboratórios anteriores, apresentando estampas, aplicações no vestuário e outras possibilidades imagéticas. Aborda ainda a utilização das bactérias como interface na estrutura do tecido, gerando ornamentos diferenciados.

Todos os capítulos de Laboratório já contam com a apresentação e discussão dos resultados obtidos, assim como em ambos foram testados os processos de lavagem e passagem dos tecidos.

O quinto e último capítulo, as considerações finais, apresenta um panorama geral dos resultados obtidos, comparação com outros dados da literatura científica e confirmação se os objetivos da pesquisa foram atingidos e as hipóteses verificadas. O capítulo pontua também os problemas encontrados ao longo dos experimentos e aponta quais podem ser os desdobramentos e experimentos futuros para dar prosseguimento e continuidade a pesquisa.

O trabalho disserta ao longo de todos os capítulos como o mesmo pode contribuir para a comunidade acadêmica e a sociedade, de forma geral.

---

<sup>1</sup> Tecidos orgânicos: tecidos naturais de origem vegetal ou animal.

# 1. REFERENCIAL TEÓRICO

## 1. REFERENCIAL TEÓRICO

### 1.1 Biomimética

O interesse do homem na investigação da natureza e utilização de suas formas e funções já é antigo e remonta ao Renascimento, período marcado pelo pensamento humanista e de grande crescimento científico e artístico.

Os pintores nessa época não tinham apenas uma ocupação e mostravam uma tradição da interdisciplinaridade, desenvolvendo-se também em campos como a arquitetura e medicina.

Dessa comunhão de conhecimentos surgiam projetos de produtos muitas vezes inspirados nas formas e mecanismos da natureza. Leonardo Da Vinci (1452-1519) era um dos principais expoentes dessa frente investigativa.

Já a utilização da natureza como inspiração formal, teve seu auge de expressão no movimento *Art Nouveau* do final do século XIX, de essência estética orgânica possível graças à revolução industrial e ao barateamento e engrandecimento da produção de aço, gerando mobiliários e construções com formas inspiradas na natureza, mais orgânicas e com motivos florais.

Alguns dos grandes nomes deste período são Antoni Gaudi (1852-1926) e Gustav Klimt (1862-1918), cujo trabalho também tinha um desdobramento para a moda, e que sofreu a influência desse período tornando-se fluída e excessivamente ornamentada, como pode ser visualizado na figura 1.

A replicação de formas da natureza no design de produtos e estruturas acontece há anos e marcou o século XIX, principalmente com o *Art Nouveau*. Essa abordagem do design regido pela forma faz referência a natureza utilizada como efeito metafórico, simbólico ou decorativo. (MYERS, 2012, p.11)

Dando um salto na história e chegando a introdução de ferramentas computacionais a vida do homem, uma nova revolução aconteceu no mundo, deixando um pouco de lado a natureza e voltando a atenção para o produto industrializado. Nesse momento, os gastos com planejamento e preparação dos produtos, se tornaram

menores que os de produção. Ferramentas, produtos e distribuição tornaram-se um custo pequeno em detrimento dos custos de design (planejamento, preparação e codificação). O Designer, como atuante nos primeiros processos de desenvolvimento do produto, se tornou um facilitador de ideias (DUBBERLY, 2008).



**Figura 1.** Vestidos projetados por Gustav Klimt no início do século XX . (FONTE: <https://www.deltacollege.edu/emp/jbarrows/> acessado em 23/05/2015)

Ainda segundo Dubberly (2008), a biologia tem feito grandes descobertas, como os organismos fazem codificação, armazenagem, reprodução, transmissão do DNA e mapeamento de rotas de sinalização celular, indicando que a biotecnologia dominará a cena atual, assim como a tecnologia teve e tem destaque desde 1950.

Bürdek (2010), complementa dizendo que a junção entre pesquisa genética e informática, a bioinformática, criará novas demandas de design, da mesma forma que se criarão novos órgãos, onde o corpo humano passará a ser um objeto de design.

Uma dessas influências na relação entre biologia e tecnologia, pode ser visualizada na utilização de termos biológicos no vocabulário de informática, como *bug*, vírus, ataques, comunidades e identidade.

Cada vez mais o design compartilha com a biologia um foco no fluxo de informação, em rede de atores operando em muitos níveis,

trocando a informação necessária para balancear comunidades de sistemas (DUBBERLY, 2008).

Analisando a relação entre design e biologia nesse contexto, percebe-se que as duas áreas compartilham um foco em como se dá o fluxo da informação, com a rede operando em diferentes frentes na troca de informações, sendo necessária para um equilíbrio entre as comunidades, assim como ocorre na natureza. A interação entre as áreas tem buscado outros compromissos não tão científicos e sim, mais poéticos.

A observação da natureza com a finalidade de fazer analogias formais e funcionais foi estabelecida como método Biomimético em 1957, termo utilizado pela primeira vez por Otto H. Schmidt para caracterizar justamente a busca de soluções para problemas humanos por meio da observação da natureza. (LACERDA; SORANSO; FANGUEIRO, 2012).

Shu (2011) classifica os projetos inspirados na natureza em seis grupos, de acordo com a aplicação e área de atuação: engenharia biológica, biomecânica, engenharia biomédica, biofísica, biônica e biomimética. No entanto, Janine Benyus, fundadora do *Biomimicry Institute*, a Biomimética se divide em três áreas de estudo: a natureza como modelo, a natureza como medida, e por fim, a natureza como mentora.

Essas três áreas e a conceituação de biomimética por Benyus (2012) são definidas da seguinte forma:

*A natureza como modelo.* A biomimética é uma nova ciência que estuda os modelos da natureza e depois imita-os ou inspira-se neles ou em seus processos para resolver os problemas humanos.

*A natureza como medida.* A biomimética usa um padrão ecológico para ajuizar a "correção" das nossas inovações.

*A natureza como mentora.* A biomimética é uma nova forma de ver e valorizar a natureza. (...)o que podemos aprender com ela. (BENYUS, 2012, pg.8)

A autora justifica o seu processo de inspiração pela natureza principalmente devido a evolução e a seleção natural, onde durante milhões de anos os seres vivos e os ecossistemas de maneira geral têm

criado e selecionado dispositivos para continuarem vivos. Por meio da observação e estudo da natureza, pode-se aproveitar de uma sabedoria construída há 3,8 bilhões de anos, desde a primeira bactéria.

Frosch (1989) propõe que o processo industrial pode ser planejado como um ecossistema, onde toda sobra se torna matéria prima para outro processo. Essa ideia foi trabalhada também por Benyus (2012) em seus estudos sobre Biomimética, nos quais afirma que “os seres vivos mantêm um equilíbrio dinâmico, utilizando os recursos naturais sem desperdício”.

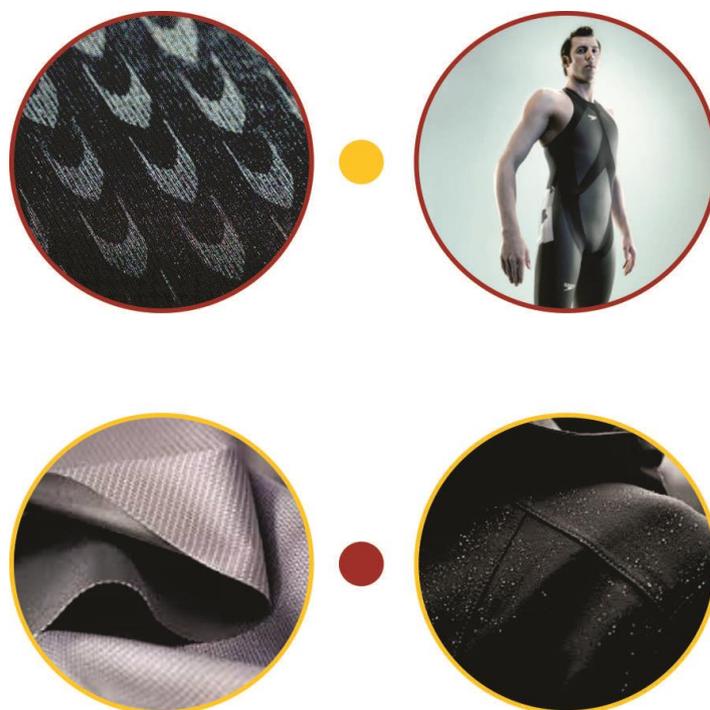
Um dos primeiros exemplos de Biomimética bem sucedidos foi a invenção do velcro pelo engenheiro G. de Mestral, em 1941, criando um tipo de fechamento utilizado na indústria têxtil inspirado nas sementes de carrapichos, mais especificamente, no modelo de dispersão das sementes por meio de pequenos ganchos que prendiam em pêlos e outras fibras de agentes dispersores (figura 2).



**Figura 2.** Projeto do velcro de G. de Mestral, fotografia do carrapicho que foi sua fonte de inspiração e foto de uma microscopia eletrônica de varredura de um velcro. (Fonte: <http://www.explainthatstuff.com/inventors-and-inventions.html> acessado em 23/05/2015)

A maior parte das analogias realizadas na Biomimética leva em consideração aspectos funcionais e estéticos, dando-se pela comparação de fenômenos ou entendimento de estruturas. Como exemplos de biomimética mais atuais (figura3), temos o tecido *Speedo Fastskin* da Speedo, onde por meio da observação da pele de tubarão, foi desenvolvido um tecido que diminui o atrito do nadador com a água. Outro exemplo é o tecido *c\_change™* da Sholler, um tecido baseado na dispersão de sementes pela pinha e que permite a transpiração e

isolamento térmico de acordo com a umidade externa e a temperatura corporal.



**Figura 3.** Detalhe dos tecidos e peças confeccionadas dos tecidos *Speedo Fastskin* acima e *c\_change™*, logo abaixo (Fontes: <http://www.thetechnicalcenter.com/> acessado em 04/10/2014)

Os projetos biomiméticos aplicados ao vestuário, têm em sua maioria a característica de gerar novas tecnologias têxteis, e adotam como política a busca pela sustentabilidade, por imitar modelos bem resolvidos pela natureza. Vale a pena lembrar, que estes produtos não necessariamente são orgânicos, muitas vezes se inspirando apenas em modelos da natureza. Essas analogias ocorrem pela comparação de fenômenos pela sua semelhança, levando em consideração principalmente aspectos funcionais e estéticos.

Já se analisarmos a produção de materiais pela natureza, como sugerido por Janine Benyus, perceberemos que seu grande segredo é que a produção de materiais é realizada em condições favoráveis a vida, em temperatura ambiente, sem alterar a pressão ou utilizar produtos químicos agressivos.



**Figura 4.** Estamparia de tubarão (Fonte <http://www.finishworx.com/> em 23/05/2015)

Para obter uma performance ecológica, designers têm procurado integrar sistemas naturais, aliando seu trabalho ao conhecimento e a experiência dos biólogos. Essa integração, obviamente, não trará soluções imediatas para os problemas e deverá ser uma pesquisa exploratória, com alguns trâmites éticos.

Talvez, afinal, não seja uma transformação tecnológica que nos levará a um futuro de criações biomiméticas, mas uma mudança de sentimentos, uma humildade que nos permita ficar atentos às lições da natureza. (BENYUS, 2012).

Segundo Lacerda (2012), a biomimética desempenhará um papel fundamental no processo de uma nova revolução industrial, que terá como foco a forma como o produto é feito e em suas contribuições para a sustentabilidade.

Pensando-se em uma relação mais próxima entre o organismo vivo e o produto, uma outra possibilidade é ao invés de utilizar o Ser como inspiração, é utilizá-lo no processo de fabricação ou na constituição do próprio produto. Assim surge o conceito de Biodesign que será discutido logo a seguir, mas que já é uma prática comum na gastronomia para produção de queijos e outros derivados do leite, assim como na produção de seda, pelo bicho da seda.

## **1.2 Biodesign**

Uma nova forma de design orgânico está rapidamente evoluindo, o Biodesign, graças a um grande momento de experimentação entre design e biologia. (ANTONELLI, 2012, p. 7)

Segundo Antonelli (2012), a proposta do Biodesign é utilizar tecidos vivos, sejam culturas de tecidos ou plantas, e materializar o sonho do design orgânico: observar o objeto se desenvolver e depois, deixar ao encargo da natureza tomar conta do restante.

Compreendendo-se melhor o conceito de Biodesign, percebe-se que o mesmo vai além da utilização da biologia como inspiração para o design e fabricação de produtos. Ao contrário da Biomimética e do

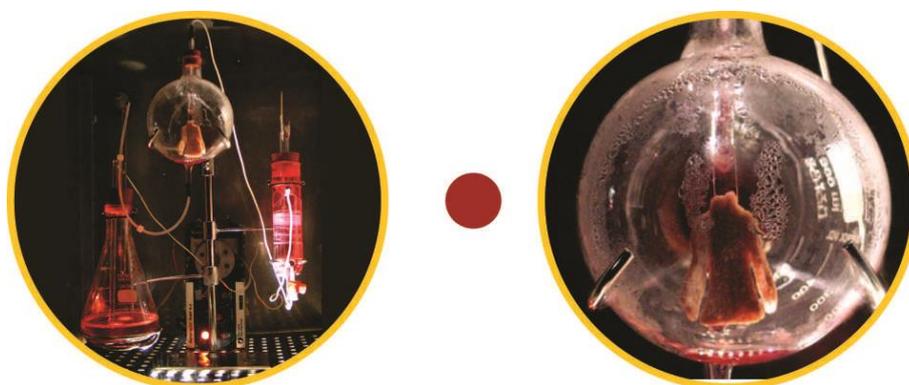
Ecodesign, o Biodesign se refere a incorporação de organismos como elementos essenciais.

Antonelli (2012) acredita que as consequências e lançamentos provenientes destes projetos, será uma nova forma de fazer e pensar design, além de mudanças na trajetória do homem, e passagem da era da informática para a era da biologia. Podem ainda servir para atender a demanda de tecnologias mais limpas e a possibilidade do usuário criar produtos sem sair da sua casa.

Cogdell (2011) menciona que acredita ser possível um dia, a criação de artefatos biológicos, uma vez que consigamos manipular melhor e programar, moléculas com um maior nível de acertividade.

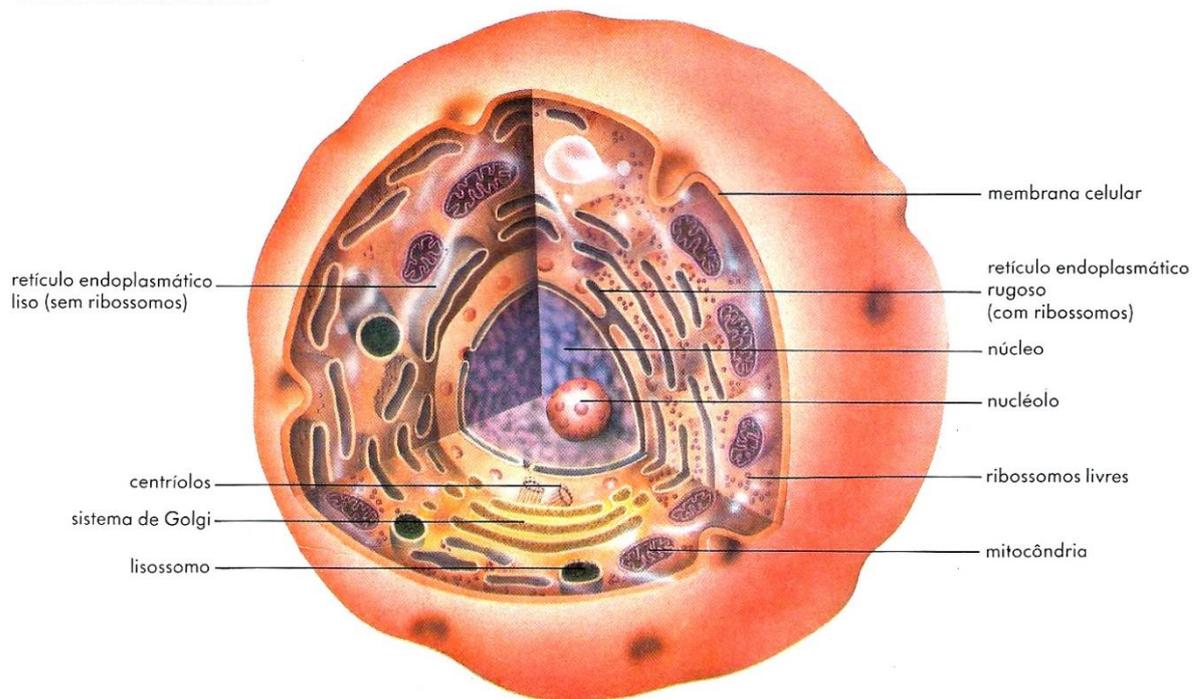
No projeto *Victimless leather* (2004), os cientistas Catts e Zurr do laboratório australiano SymbioticA, criaram um casaco com tecido celular, que permaneceu vivo durante cinco semanas alimentando-se de um bionutriente em uma bomba peristáltica. A base do casaco foi criada em um polímero biodegradável e depois semeada com células ósseas e cartilaginosas de rato (figura 5).

Os maiores problemas encontrados pelos pesquisadores Catts e Zurr para a execução deste protótipo de casaco constituído por células de rato, foram a nutrição dos tecidos celulares formado por compostos de origem animal e a escala dos protótipos, ainda muito restrito a tamanhos pequenos.



**Figura 5.** Experimento *Victimless leather* e detalhe do casaco feito de tecido celular . (FONTE: <http://www.tca.uwa.edu.au/> acessado em 04/11/2014)

## ULTRA-ESTRUTURA CELULAR



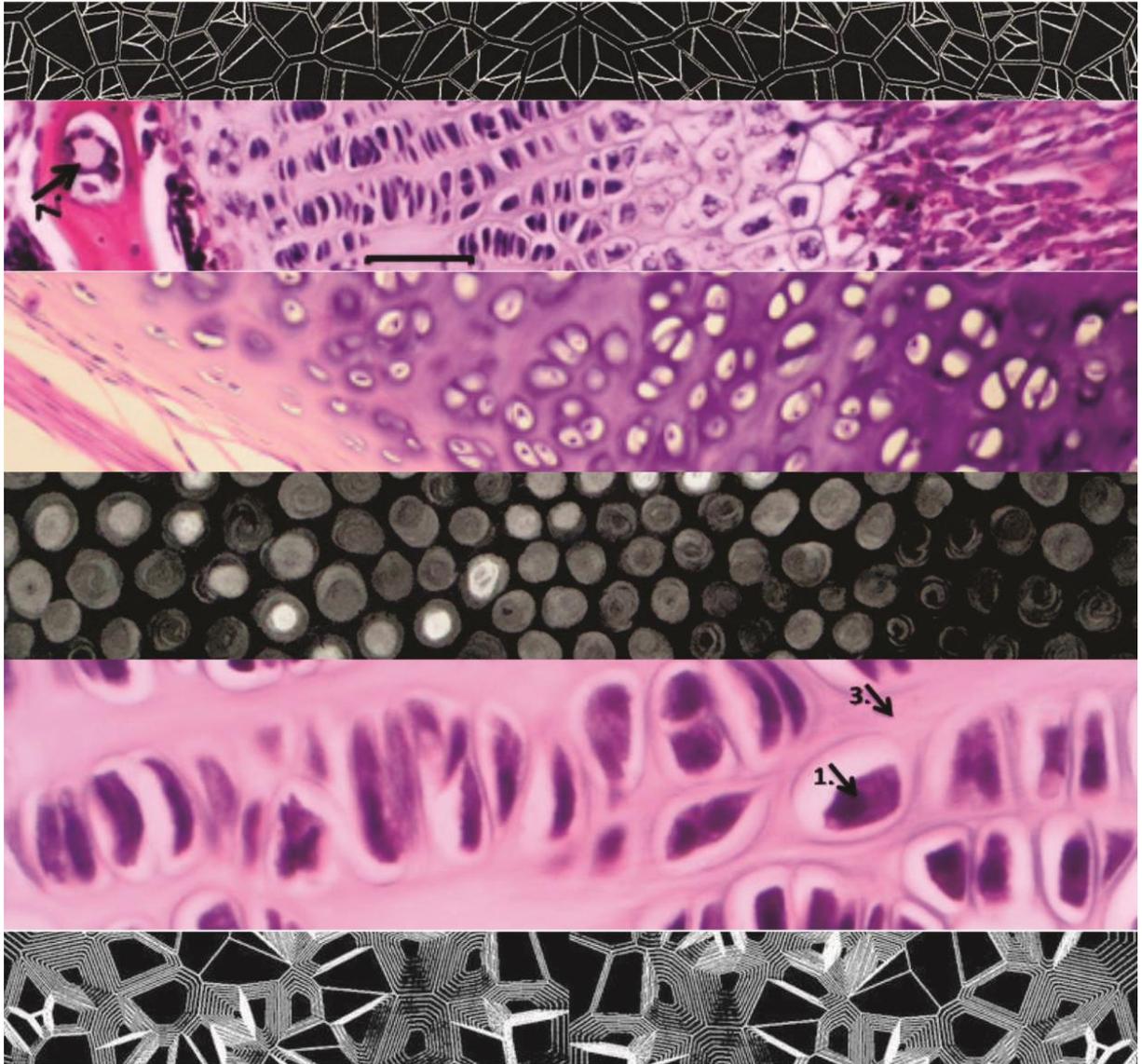
A célula é um corpo tridimensional. Em geral, as representações de células nos livros correspondem a

cortes delas. Na verdade, o que se representa é uma "fatia" de célula.

**Figura 6.** A célula animal. (FONTE: GOWDAK, D. *Atlas de anatomia humana*. São Paulo, FTD, 1968)

Todas as criaturas vivas são constituídas de células – pequenas unidades envolvidas por membranas e preenchidas por uma solução aquosa de agentes químicos, dotadas com uma extraordinária capacidade de criar cópias de si mesmas pelo crescimento e posterior divisão. As formas mais simples de células são aquelas solitárias. Organismos superiores, como nós mesmos, são comunidades celulares derivadas de uma única célula fundadora por crescimento e divisão – vastas cidades celulares, cujos habitantes individuais realizam funções especializadas e são coordenadas por intrincados sistemas de comunicação.

Enquanto as células podem ser componentes de seres vivos maiores, nada, a não ser uma célula, poderá ser chamado de vivo. (ALBERTS, 1999, p. 1)



**Figura 7.** Microscopia óptica de células de rato (Fonte: <http://www.taringa.net/> acessado em 23/05/2015) e estampas inspiradas em células. (Fonte: <http://dada.compart-bremen.de/> acessado em 23/05/2015)

“Aparentemente, os bioartistas estão mais dispostos a discutir a ética da exploração e dominação que faz parte da tendência de biologização do mundo.” (COGDELL, 2011, p. 28).

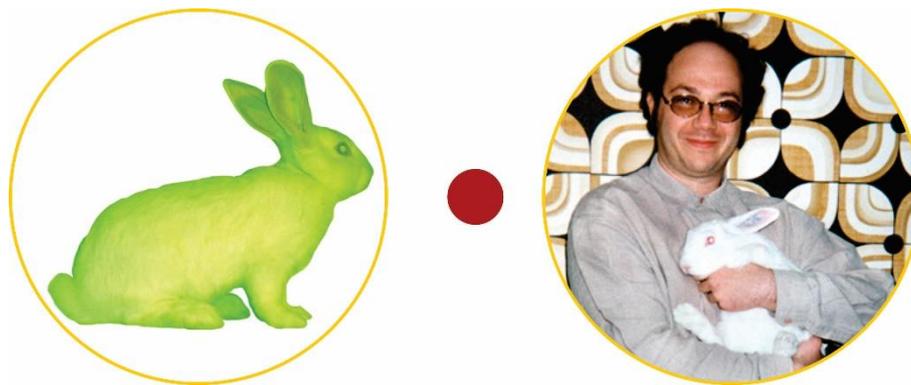
Quando fazemos uma análise histórica da evolução industrial, vemos que a primeira revolução industrial, do século XIX, foi a revolução do aço, da mecanização, das fontes de energia e da divisão do trabalho. Já no século XX o mundo passou por uma nova revolução, a revolução da tecnologia, com o advento dos chips, da internet e do mundo digital.

Já nos dias atuais estamos nos preparando para uma nova revolução do século XXI, a revolução biológica. O custo da síntese de DNA caiu drasticamente nos últimos dez anos, assim como o aço e os computadores nos últimos séculos, indicando sua popularização e acessibilidade da técnica.

Myers (2012) apresenta inúmeras pesquisas de Biodesign que utilizam sistemas vivos em sua constituição, evidenciando que estudos nessa área tem crescido cada vez mais, sendo que nos Estados Unidos aproximadamente 2% do GDP (*gross domestic products*) é atribuído a produtos geneticamente modificados. Os designers não estão perdendo essa oportunidade e estão atraindo pesquisadores para o Biodesign.

A arte visual, por meio da Bioarte, tem sido precursora de projetos utilizando organismos vivos desde a última década, com trabalhos experimentais como o *GFP Bunny* (2000) de Eduardo Kac (1962).

Alba (figura 8), a coelha/obra pensada por Kac, faz parte de uma linha de pesquisa chamada arte transgênica, onde ocorre a manipulação de genes para a geração de seres únicos e quiméricos. A coelha apresenta uma modificação genética para produção de uma proteína luminescente chamada GFP (*green fluorescent protein*). A ideia de Kac é justamente provocar a discussão sobre engenharia genética e seus limites éticos, além de tratar sobre assuntos como criação, evolução, biodiversidade e expansão dos limites conceituais da arte.



**Figura 8.** Alba, o coelho fluorescente e Eduardo Kac. (FONTE: <http://www.ekac.org/gfpbunny.html> acessado em 25/05/2014)

Depois do diálogo entre arte e biologia, a arquitetura já tem um contato com o mundo natural bem maior e há mais tempo. No início do século XX, Frank Lloyd Wright (1867-1959), Alvar Aalto (1898-1976), Mies Van der Rohe (1886-1969) integravam espaços internos e externos de construções, provocando uma mudança na visão da arquitetura como sendo um componente de algo maior.

Percebemos então uma tendência de união de áreas de estudos para um melhor entendimento de uma realidade complexa, como tem acontecido com o Biodesign recentemente.

Como estão envolvidas diversas variáveis, devido a sua natureza sistêmica, não seria lógico estudá-las separadamente, uma vez que uma influencia o comportamento da outra, tornando o sistema complexo e assim necessário um estudo interdisciplinar e colaborativo.

Juntamente com a interdisciplinaridade surgem algumas dificuldades e conflitos como discordância de como partilhar direito de propriedade intelectual, a falta de vocabulário em comum entre as áreas (por isso que muitas vezes se faz necessário a presença de glossários) e um conflito no estilo e tipo de trabalho.

Os processos do Biodesign podem possibilitar uma relação de produção e construção mais integrados com os processos naturais, o que irá acelerar a colaboração entre designers e biólogos. Criar e construir projetos utilizando bactérias e outros organismos vivos tem se tornado uma necessidade e uma possibilidade tecnológica.

Muitas considerações estão sendo feitas a respeito do potencial do Biodesign e de suas consequências. Como a sociedade irá se posicionar em relação a utilização de processos biológicos de produção? Como esses processos se integrarão aos mecanizados e digitais? O processo biológico é a solução mais viável para uma produção sustentável?

Para ilustrar melhor o estudo do Biodesign e sua interação com o universo do vestuário, objetivo central desta pesquisa, foram separados alguns projetos que estão sendo desenvolvidos para serem analisados.

### 1.2.1 *BioCouture*

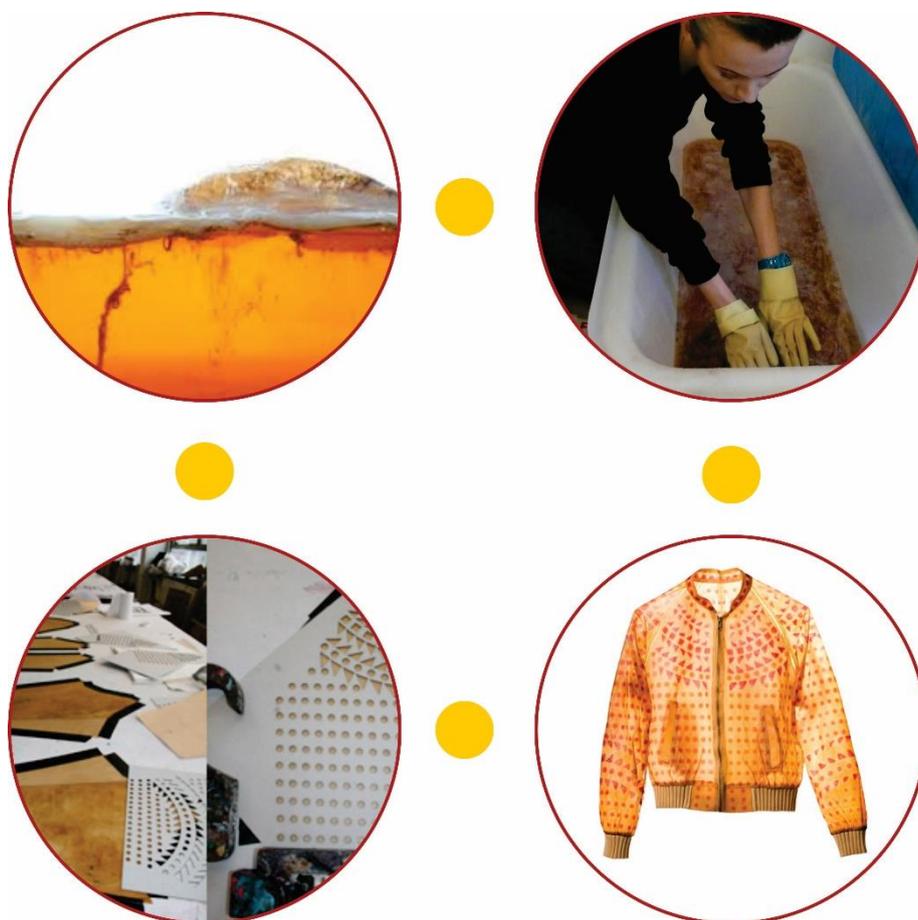
O projeto *BioCouture* (2011) foi criado por Suzanee Lee na *Central Saint Martins College of Art and Design*, de Londres. A pesquisa investiga como microrganismos podem ser utilizados para gerar biomateriais para a indústria de moda e têxtil. Essas roupas criadas a partir de microrganismos reduziram o impacto ambiental, repensando a moda em uma instância ecológica.

Para a realização de seu experimento, Lee utiliza uma colônia simbiótica formada por levedura e uma bactéria principal denominada *Gluconacetobacter xylinum*. Essa colônia é popularmente conhecida como *Kombucha*, e é consumida como fermentadora de uma bebida à base de chá.

Para a criação do tecido, um chá verde concentrado é preparado e após adicionada uma grande quantidade de açúcar e vinagre orgânico de maçã, vertidos em um recipiente de plástico ou vidro. A cultura é adicionada ao chá e conservada tampada com tecido respirável à aproximadamente 25°C durante duas a quatro semanas. Após esse período, a colônia cresce, flutua e ocupa toda a área superficial do recipiente, chegando a espessura de aproximadamente dois centímetros. A colônia é então retirada do chá, lavada e colocada para secar. A colônia seca então, está pronta para o corte e confecção da roupa.

Durante esse processo, os microrganismos presentes na colônia produzem microfibras por meio da quebra da celulose do chá, formando essa camada flexível que origina o tecido (figura 9). No geral, o tecido resultante apresenta cor amarelada, textura semelhante a um papel *kraft* e além de ser possível costurá-lo, o mesmo ainda é resistente para a utilização em estamparia ou mesmo lavagem/coloração jeans.

Como a indústria têxtil gera muitos resíduos tóxicos para a natureza, assim como os tecidos apresentam uma dificuldade de descarte, principalmente os sintéticos, o trabalho de Lee é uma nova tecnologia promissora.



**Figura 9.** Em sentido horário a partir da figura superior esquerda: crescimento da colônia em chá; Suzanee Lee cultivando a colônia em recipiente plástico; jaqueta confeccionada a partir da colônia de Kombucha e serigrafia aplicada no tecido pronto. (FONTE: <http://www.treehugger.com/sustainable-fashion/> acessado em 05/06/2014)

O projeto *BioCouture* continua atualmente com a proposta de incorporar materiais biomiméticos ou que utilizam organismos vivos na

moda, pensando em materiais para o hoje e para o futuro, de fontes renováveis ou que gerem menos desperdício ou dejetos. Para isso, a empresa trabalha em parceria com projetos de ciência e design, sempre pensando em inovação e na sustentabilidade de materiais da natureza, produzidos por algas, fungos, bactérias, e outros seres vivos; tudo isso para que as empresas de moda sejam embasadas para entender, imaginar e prototipar o futuro.

O tecido resultante da criação de Lee é uma excelente proposta de utilização de biomaterial por ser inteiramente sustentável e ter uma produção relativamente fácil que poderia ser realizada pelo próprio usuário.

Sua visão possibilitou a visualização de um processo de produção de chá, como um processo de criação de tecido e esse seu novo olhar também é uma grande contribuição de sua pesquisa para os pesquisadores de design.

### 1.2.2 *Biological Atelier*

Amy Cogdon pesquisa na *Central Saint Martins College of Art and Design*, possibilidades para o futuro da indústria têxtil e criou o projeto *SS 2082 'EXTINCT' COLLECTION* (2013). Neste estudo tem procurado conceitualmente criar objetos em laboratório feitos por células de animais ou humanas, renunciando uma nova era da personalização e buscando uma renovação da moda. Dessa forma, as roupas não seriam mais costuradas, e sim cultivadas, criadas a partir de células vivas ao invés de tecidos.

Esses novos produtos têm uma nova conceituação estética, diferente daquelas que vemos hoje em dia com um apelo biotecnológico, e sim baseado em um sistema orgânico renovável que mimetiza as formas e funções dos seres vivos.

Sua pesquisa coloca a biotecnologia como central para o desenvolvimento de novas tecnologias têxteis, criando novos materiais e

ferramentas, repensando o papel do designer, do artesão e do cientista no futuro do desenvolvimento de produtos.

Apesar de ser um projeto futurista e ainda conceitual, alguns protótipos foram fabricados (figura 10), mas que já fornecem a ideia de um novo momento para o design de moda.

Ficam ainda alguns questionamentos a partir dessa visão de mundo, como a reação de uma moda ávida por novidade iria lhe dar com essa nova possibilidade renovável e orgânica, além do valor de se ter uma peça personalizada e com identidade, que iria levar consigo o DNA do próprio dono.



**Figura 10.** Protótipos de acessórios do projeto Biological Atelier que seriam criados a partir de células vivas. (FONTE: <http://thisisalive.com/biological-atelier/> acessado 13/08/2014)

O questionamento estético e Cogdon é inovador e fornece um novo olhar para a criação de produtos, muito mais integrado ao mundo natural. Sua proposta de cultivo de produtos é uma possibilidade diferenciada para inúmeras áreas de pesquisa.

### 1.2.3 *Algaerium*

Marin Sawa, designer e mestrandanda da *Central Saint Martins College of Art and Design*, criou o projeto de *Biodesign Algaerium* (2013) onde associou microrganismos, gerando uma espécie de luminária que poderia ser residencial, ou ter uma vertente para iluminação urbana.

A pesquisadora relata que percebe na cidade uma vocação para um novo metabolismo urbano, que conecte o metabolismo industrial ao mundo natural, assim, suas luminárias poderiam fazer parte do

metabolismo da cidade, integrando-se de forma natural a esse ecossistema.

Inicialmente inspirado em um projeto têxtil, a pesquisadora queria desenvolver um tecido com a superfície viva, que fosse inteligente e conectasse o mundo manufaturado ao mundo natural, em busca de um tecido ecológico e prático. No entanto, ao longo de seu processo experimental com as algas, optou por direcionar sua proposta a criação de uma espécie de luminária.

Ao adaptar o projeto, propôs a geração de uma luz viva como elemento decorativo. Para isso, utiliza algas, que fazem a fotossíntese e são bioluminescentes, podendo assim gerar soluções para as casas e cidades contemporâneas. Essas algas são cultivadas separadamente, depois unidas em esferas de membrana biológica, dispostas em tubos transparentes com meio de cultura que muda de cor quando a fotossíntese acontece, gerando assim uma luminosidade natural (figura 11).



**Figura 11.** Projeto Algaeum mostrando o cultivo das algas, as esferas membranosas, o sistema montado e seu detalhe para visualização das esferas de alga (FONTE: <http://inhabitat.com/> acessado 13/08/2014)

Percebe-se no trabalho de Sawa, a inserção da natureza na casa das pessoas por meio desta luminária, mas de uma maneira diferenciada e contemporânea. Porém, muito além de um elemento decorativo, *Algaerium* repensa as formas de produção de energia por meio de uma produção natural aliada a organismos vivos.

É importante mencionar também que muitos de seus experimentos foram realizados em casa sem equipamentos especializados, mostrando a necessidade da participação da comunidade no desenvolvimento de novas possibilidades de objetos, serviços e sistemas.

#### 1.2.4 Edunia

Apesar de ser um projeto de Bioart, a *Edunia* (2003-2008) de Eduardo Kac é citada nesse capítulo devido a sua importância e inspiração para o Biodesign e devido a utilização de DNA bacteriano para realizar uma mutação.

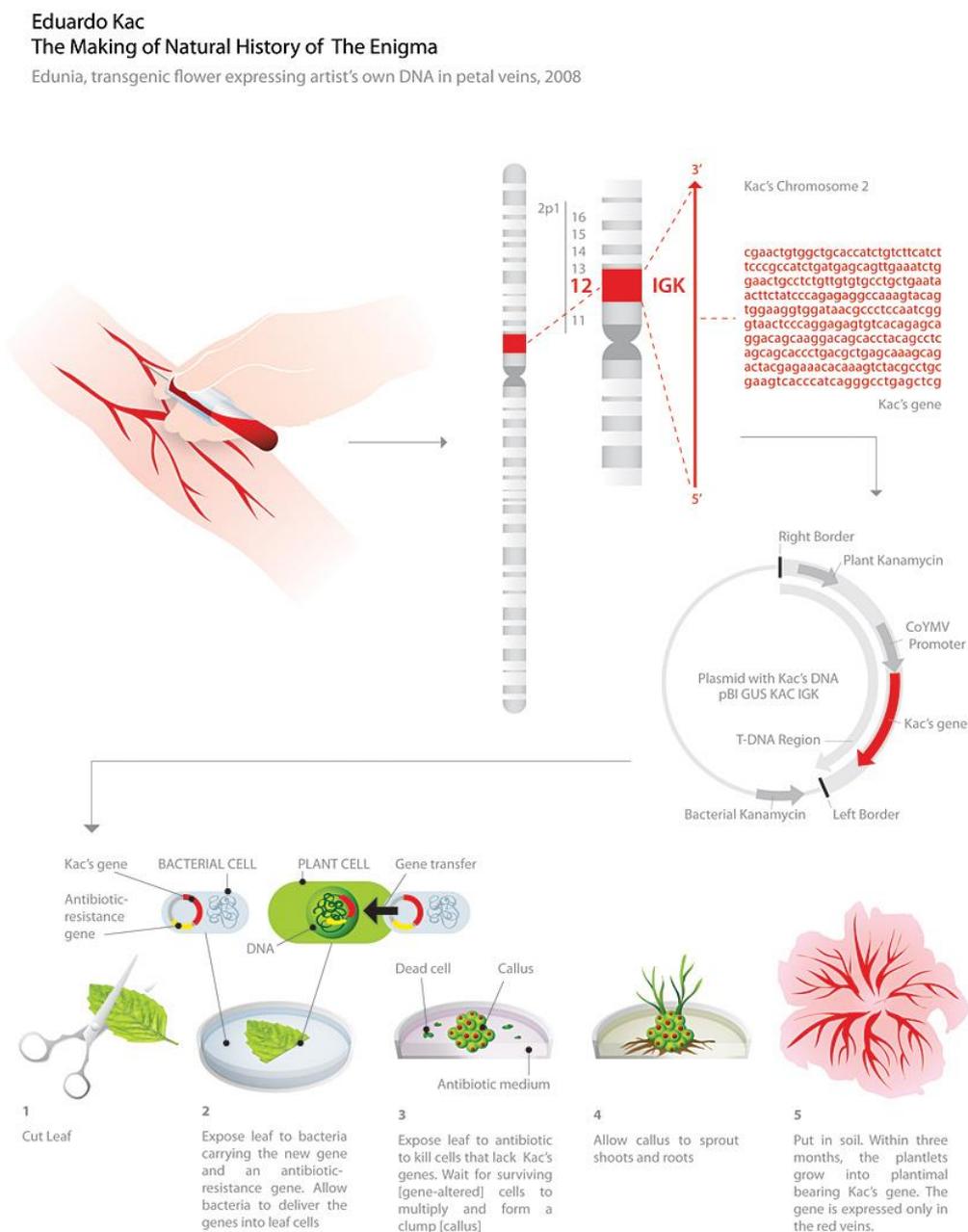
No processo de criação de uma petúnia transgênica, o sangue de Kac foi coletado e do seu cromossomo de número dois, foi isolada uma parte do gene da imunoglobulina. Essa sequência de bases isoladas foi transferida para um plasmídeo (DNA circular) que apresenta também o gene para resistência ao antibiótico canamicina.

Esse plasmídeo é introduzido em uma bactéria que entra em contato com as células da petúnia, permitindo que ocorra a transformação e migração da sequência de bases do plasmídeo para o DNA da planta.

Depois, as células da planta são expostas ao antibiótico canamicina, e apenas aquelas células que sofreram mutação e apresentam tanto o gene de Kac, como os de resistência a canamicina, sobrevivem.

As células sobreviventes são colocadas em um meio de cultura que permite que elas se multipliquem e comecem a formar uma nova planta, que é transferida para o solo e após três meses de cultivo começam a expressar o gene de Kac nas flores.

O efeito dessa transformação na petúnia é a formação de veios avermelhados nas pétalas da flor, criando uma imagem do sangue humano na planta, lembrando um sistema circulatório bastante ramificado. A ilustração do processo de criação da *Edunia* pode ser visto na figura 12 a seguir.



**Figura 12.** Processo de criação da *Edunia* de Eduardo Kac. (FONTE: MYERS, 2012)

A *Edunia* ganhou grande projeção no cenário mundial e foi apresentada ao público em uma série de exposições que contavam não

apenas com a planta, mas também com estudos e representações do organismo transgênico e do processo de criação do mesmo (figura 13).



**Figura 13.** Detalhe da flor da Edunia, mostrando seu sistema vascular; a planta em exposição no Weisman Art Museum em Minneapolis; a exposição com os estudos do pacote de sementes de Edunia e objeto feito a mão contendo sementes de Edunia. (FONTE: <http://www.ekac.org/> acessado em 25/05/2014)

Eduardo Kac, observou desde a virada do milênio até os dias atuais a mudança de custo da biotecnologia e a aceitação do público perante o tema. Em seus projetos, realiza aquilo que muitas vezes parece impossível, para provocar reflexões a respeito da criação da vida e da realização de experimentos genéticos.

É certo que muitos debates foram originados a partir de seus trabalhos, devido a sua maneira de tentar despertar não só a sensibilidade e o olhar poético do observador, mas tornar também o pensamento mais crítico e fundamentado.

O artista aprova o barateamento dos processos biotecnológicos e a realização de experimentos genéticos pela população, pois acredita

que quando em controle dos indivíduos, essas tecnologias adquirem um novo significado e geram uma nova cultura.

Devido a tantos novos experimentos na área, Kac confirma sua visão da cultura *biotech*, assim como ocorreu na revolução tecnológica com o surgimento do computador. No entanto, o artista critica aqueles projetos que tem por finalidade a associação do trabalho genético a produtos, preferindo o exercício experimental e sem fim certo.

Seu objetivo é criar novas formas de vida que não foram criadas pela natureza. Para isso, conta com uma equipe de biólogos, coordenadores e assistentes, fazendo um trabalho interdisciplinar que segundo o artista procura minimizar os problemas de comunicação entre os participantes.

### **1.3 Moda e sustentabilidade**

O presente tópico tem a finalidade de introduzir alguns conceitos da sustentabilidade<sup>2</sup> na moda, como a Biomimética está incorporada a este conceito e como o Biodesign pode contribuir para o desenvolvimento de uma indústria do vestuário inovadora. Inseriu-se também a análise da possibilidade do uso de bactérias na análise desse conceito.

A maioria dos livros enumera a urgência e a necessidade de preservar a natureza, mas será mesmo que essa é uma demanda da natureza ou do homem? O designer se coloca nesse momento como responsável pela preservação, sendo que não sabe sequer plantar ou interagir com a natureza. (MYERS, 2012).

Normalmente, as questões que dizem respeito ao meio ambiente, se apresentam de forma polêmica, não havendo um consenso entre os especialistas. Enquanto muitos abordam o assunto de forma alarmante, causando um certo terrorismo, outros desmistificam processos como o efeito estufa e o desmatamento.

---

<sup>2</sup> Entende-se por sustentabilidade na moda, os produtos e serviços que durante a extração de matéria prima, consumo, descarte e retorno ao meio ambiente, tenham o mínimo impacto ambiental possível e alta qualidade social.



**Figura 14.** Clement Chabernaud fotografado por Willy Wanderperre com *styling* de Olivier Rizzo, integrado as ilustrações de Margaret Mee. (FONTE: <http://faded-sign.blogspot.com.br/2011/03/from-brazil-with-love.html> acessado em 24/05/2015)

Fato é que vivemos em um mundo com recursos finitos e precisamos adotar práticas sustentáveis dentro do possível, sem onerar nenhuma parcela da população e exigir dos políticos, que nos veem como cidadãos, e dos empresários, que nos veem como consumidores, que adotem políticas e práticas protetoras do meio ambiente e da sociedade, condizentes com sua influência, responsabilidade e poder.

Os designers têm responsabilidade no que tange as suas práticas de trabalho e criação e sua relação com a sociedade. O Biodesign surge assim como uma experimentação e possibilidade de um fazer sustentável, com a inserção de organismos vivos nos produtos ou processos produtivos.

O vestuário, um sistema industrial complexo, não pode mais ser visto como um sistema linear, podendo ser reinterpretado pela Biomimética, como um sistema ecológico.

A moda repensada como um sistema sustentável, não só proporciona um novo fazer mais natural e ecológico, mas também proporciona uma nova forma de economia e política, voltada para um desenvolvimento local e social mais humano e um novo pensamento de consumo.

Analisando, de forma simplória o ciclo de vida do produto de moda, e mantendo em mente que o sistema moda é complexo e envolve muitas variáveis interconectadas, assim como diferentes atores, podemos evidenciar alguns processos como a extração de matéria-prima, fiação, produção do tecido ou malha, confecção, beneficiamento, venda, consumo, utilização e descarte. O presente trabalho pode ter um impacto mais considerável em três destes momentos: na produção da matéria-prima têxtil, no beneficiamento na estamparia ou tingimento e conduzindo até a uma possível modificação no consumo pelo cidadão.

O processamento têxtil normalmente é renegado pelos designers, que normalmente só se preocupam com a escolha da matéria-prima pronta, de acordo com alguns requisitos. No entanto, repensar esse

processo pelo viés do Biodesign, pode levar a uma nova forma de pensar a produção de tecidos.

No tangente ao universo do tingimento dos tecidos, vários fatores são importantes, principalmente o uso da água, um dos fatores preponderantes e mais sensível.

Segundo SILVA (2001), a tingimento de tecidos é uma prática que existe há milhares de anos. A tecnologia atual de tingimento consiste de várias etapas e que são escolhidas de acordo com a natureza da fibra têxtil, características estruturais, classificação e disponibilidade de corante, fixação compatível com o destino do material a ser tingido, preço, dentre outros.

Durante o tingimento, a fixação do corante, a proporção da quantidade de água e a necessidade de aquecimento são críticos durante esse processo. Um ideal de sustentabilidade seria usar um corante que requeresse menor quantidade de água, alta fixação, diminuindo a quantidade de químicos auxiliares no processo de tingimento e a ausência de aquecimento, minimizando a energia gasta no processo.

Outro processo complicado na coloração é a reutilização e descarte de banhos de corantes. Alguns processos permitem que o corante seja reutilizado, dependendo do tipo de fibra utilizado e do tipo de corante, porém, o retorno a natureza desses banhos, depende das reações químicas e físicas que oneram o processo.

Do ponto de vista ambiental, a remoção da cor do banho de lavagem é um dos grandes problemas do setor têxtil. Estima-se que cerca de 15% da produção mundial de corantes é perdida para o meio ambiente durante a síntese, processamento ou aplicação desses corantes (SILVA, 2001, p.17).

O ideal seria produzir um corante que pudesse ser reutilizado, e quando esgotado, fosse descartado na natureza sem causar danos. No caso de um corante originado a partir de bactérias presente no solo em comunhão com plantas, o inóculo/coloração de um tecido serviria como início/inóculo de outra arremessa de tecido, e quando finalizada a

coloração, o material descartado poderia servir como fertilizante para plantações, não havendo desperdícios e nem descartes indevidos.

A coloração natural é um desafio devido à dificuldade da reprodutibilidade da cor, a produção em larga escala e a estabilidade da cor, mas segundo Fletcher (2011), esse tipo de coloração não pretende atender os padrões que a indústria impõe.

[...] apreciando as variações e o caráter do tingimento desigual: tudo desafia nossas modernas preocupações do que é uma cor aceitável e revela o quanto estamos influenciados pelo que o comércio comunica como desejável (FLETCHER, 2011, p. 43).

Além disso, segundo Silva (2001), muitos países desenvolvidos já usam corantes naturais na indústria de cosméticos e alimentícia, devido a comprovação da alta toxicidade dos corantes sintéticos que possuem efeito acumulativo no organismo, provocando várias doenças, no passo que os corantes naturais se decompõem facilmente e têm baixos efeitos colaterais.

Partindo-se para a estamperia, temos os mesmos fatores e problemas envolvidos com o tingimento, mas com alguns agravantes. Mas porque se pensar em uma estamperia sustentável? Muito simples, além de evitar a utilização de corante sintéticos, são utilizados menos agentes químicos para a fixação, menor utilização de água e energia, menor geração de efluentes tóxicos e uma vez que estampamos um tecido orgânico, seja na estamperia corrida ou localizada com corante sintético, nunca mais conseguiremos separar essas duas matérias, tornando tecidos orgânicos também poluentes.

A estamperia é um processo de tingimento localizado, gerando formas, sejam elas figurativas ou abstratas. Durante esse processo, são feitas mais fixações do corante e conseqüente maior gasto com água e químicos para a fixação da estampa. São feitas também algumas lavagens do tecido estampado para evitar o desbotamento e a formação de manchas pelo usuário.

Um fator problemático na estamparia é a definição/resolução do desenho, que é bastante controlado na estamparia tradicional, tornando o desenho o mais claro e fidedigno possível.

Em processos de estamparia sustentável, com emprego de corantes naturais, ou como nesse trabalho, com utilização de bactérias, esse processo de estamparia é menos controlável devido a variabilidade de concentração dos corantes e a randomicidade do crescimento bacteriano, mesmo sob condições controladas.

Outra perspectiva de implantação da sustentabilidade no sistema moda é prolongando a vida útil das roupas e tornar as roupas mais intensamente usadas, diminuindo assim a raiz do problema, o consumo exacerbado e a quantidade de material descartado. Isso implica também na mudança da visão do consumidor, que deve procurar por qualidade e satisfação ao invés de preço e quantidade.

Para propor soluções que sejam percebidas como melhoramento para o perfil social e econômico é melhor abandonar o modelo dominante centralizado na exclusiva venda dos trajes e têxteis e dos produtos para a sua lavagem. É necessário caminhar para um sistema que ofereça o vestuário (e suas qualidades) como primeiro objetivo (VEZZOLI, 2008, p. 200).

A partir desta perspectiva, Vezzoli (2008) propõe algumas ideias possíveis como a criação de centros de troca e manutenção. Nesses centros de manutenção poderiam ser investidos processos de tingimento, estamparia, tratamento e conserto de peças, que poderiam utilizar produtos naturais nessas atividades, renovando o vestuário, sem ser necessário a aquisição de uma nova peça.

Outra possibilidade seria a inserção de centros de aluguel e tratamento de trajes, intensificando o uso das vestes e possibilitando o tratamento conjunto e especializado das roupas.

Uma terceira proposta seria incluir o usuário no processo de criação e manutenção das roupas, o tornando mais responsável e ator e não mais coadjuvante no processo de manutenção e personalização do vestuário. Com a utilização de bactérias, corantes inofensivas a saúde

humana, poderiam ser comercializados como kits simples de tingimento, onde o próprio cidadão pudesse inovar e cultivar seu traje.

E uma última possibilidade de alterar a maneira de consumo da população seria primar pela qualidade, criando-se roupas sob medida, de acordo com o gosto específico do consumidor, além de utilização de matérias-primas de qualidade e duráveis, com eficiência em relação a lavagem e passagem.

Caminhando para outra análise da sustentabilidade, vemos que esse conceito na moda, tem uma crescente e impactante relação com a Biomimética.

Para os designers, o objetivo da Biomimética para a sustentabilidade é estimar e avaliar ideias e ações e manter o foco do projeto no desenvolvimento ecológico. Isso se dá por meio de entender e aplicar os princípios da natureza no design de produtos, processos ou política.

As ideias, os padrões e as estratégias da natureza, não devem apenas ser copiados e sim entendidos, e servem como guia por estar em longo e irracional processo evolutivo, sendo assim a natureza tomada não só como modelo, mas também como medida e mentora, como dito anteriormente.

As ideias inspiradas na biomimética para promover a sustentabilidade na moda começam tipicamente como a maioria das iniciativas – concentradas na materialidade física: o beneficiamento de tecidos, ou o processamento de fibras, superfícies e acabamentos (FLETCHER, 2011, p. 116.).

Para pensar a utilização da Biomimética no design, são necessários uma equipe multidisciplinar, uma boa organização e gestão da equipe e um espírito empreendedor. Em projetos específicos, essas equipes são formadas e melhor administradas, como nos exemplos de desenvolvimento de tecidos dados no capítulo de Biomimética.

O importante aqui é perceber que a evolução da tecnologia têxtil faz parte do universo da sustentabilidade, tanto em relação a manutenção da peça quanto ao consumo. Quando nos referimos a um tecido tecnológico que permite a transpiração nos dias quentes e

protege contra o frio em dias gelados, estamos evitando que o usuário compre dois produtos, sendo utilizada apenas uma cobertura para o verão e para o inverno. Já quando pensamos em tecidos encerados e com tratamentos na superfície, que permitem a eles sujarem pouco, estamos diminuindo o desperdício de água com lavagem e manutenção, e se esse tecido não amarrota, também diminuimos o gasto com energia elétrica para passagem da roupa.

Vale lembrar que para termos os benefícios e alcançar os ideais da sustentabilidade, também é necessária uma adequação das motivações de negócio e das práticas de consumo.

Hoje o capitalismo opera em um sistema que precisamos produzir cada vez mais rápido e de forma mais barata, vender continuamente a preços baixos, consumir e descartar de forma cada vez mais acelerada, mantendo o fluxo de mercadorias e potencializando o mercado. Porém, esse sistema gera uma grande quantidade de desperdício e supõe entradas ilimitadas de insumos.

Analisando biomimeticamente, a empresa ideal seria aquela que se abastecesse de pequena quantidade de matéria-prima, e seus resíduos gerassem recurso para outra empresa ou fossem reutilizadas dentro da própria empresa. Esses sistemas cíclicos e contínuos estabelecem novas relações de trabalho, com foco na inovação.

O grande problema da adoção da sustentabilidade está na maneira como fazemos negócio, principalmente de moda. Os empresários que somente pensam em lucro, repassam os custos para o governo, que os repassam para a sociedade. Enquanto as empresas não pensarem a longo prazo e não internalizarem alguns dos custos, essa mudança de sistema será bem complicada.

Esses repasses internos de custo da empresa podem ser melhor aproveitados dependendo da relação da empresa com a sociedade, que ao ser informada dos benefícios que a empresa tem trazido com práticas sustentáveis, pode fazer a opção de compra por essa empresa.

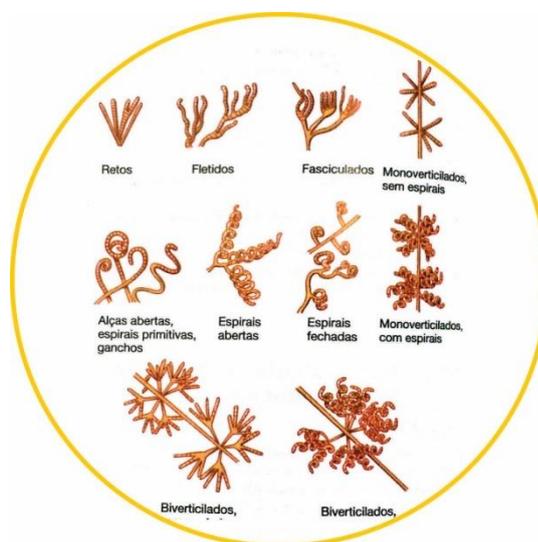


**Figura 15.** Campanha publicitária da marca Diesel com viés sustentável, chamada "Global Warming Ready". (FONTE: <http://theinspirationroom.com/daily/2007/diesel-global-warming-ready/> acessado em 24/05/2015)

### 1.4 Actinobactérias

As actinobactérias, escolhidas para a utilização nesta pesquisa, são bactérias Gram-positivas importantes, formando um filo que compreende um grande número de microrganismos, sendo citadas mais de 30 famílias taxonômicas. As espécies têm morfologia bastante variável desde a forma bacilar até filamentosa. São predominantemente aeróbias, presentes comumente em solos e matéria vegetal. São em sua maioria inofensivas (por isso de sua escolha para utilização em roupas) e apresentam importância econômica na produção de antibióticos e diversas enzimas entre elas as celulolíticas (MADIGAN et al., 2010).

Neste trabalho, a maior parte dos microrganismos pertencem ao gênero *Streptomyces* que formam filamentos ramificados (figura 16). Devido a sua proliferação e ramificação, esses microrganismos formam redes de filamentos denominado micélio, parecido com os micélios formados pelos fungos filamentosos.

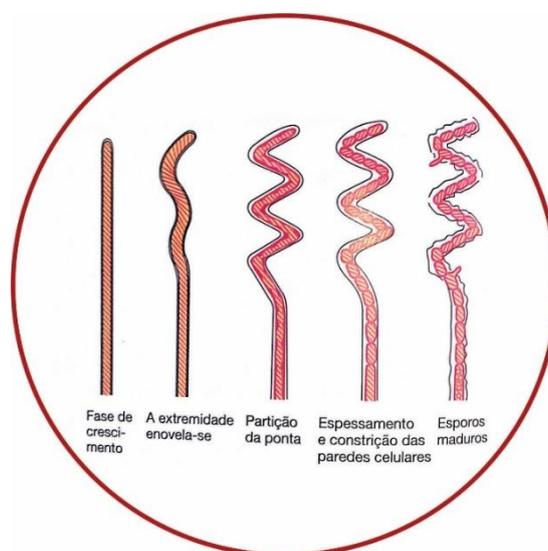


**Figura 16.** Ilustração da estrutura filamentosa de *Streptomyces*. (FONTE: MADIGAN et al., 2010)

Uma característica importante das actinobactérias, é que elas produzem esporos quando em situações extremas, conferindo-lhe proteção, e é justamente nessa fase que são produzidos pigmentos e antibióticos por estas bactérias.

O crescimento de *Streptomyces* ocorre a partir dos filamentos, frequentemente formando ramificações [...] À medida que a colônia envelhece, formam-se filamentos aéreos característicos, denominados esporóforos, que se projetam acima da superfície da colônia e originam os esporos (MADIGAN et al. 2010, p.459).

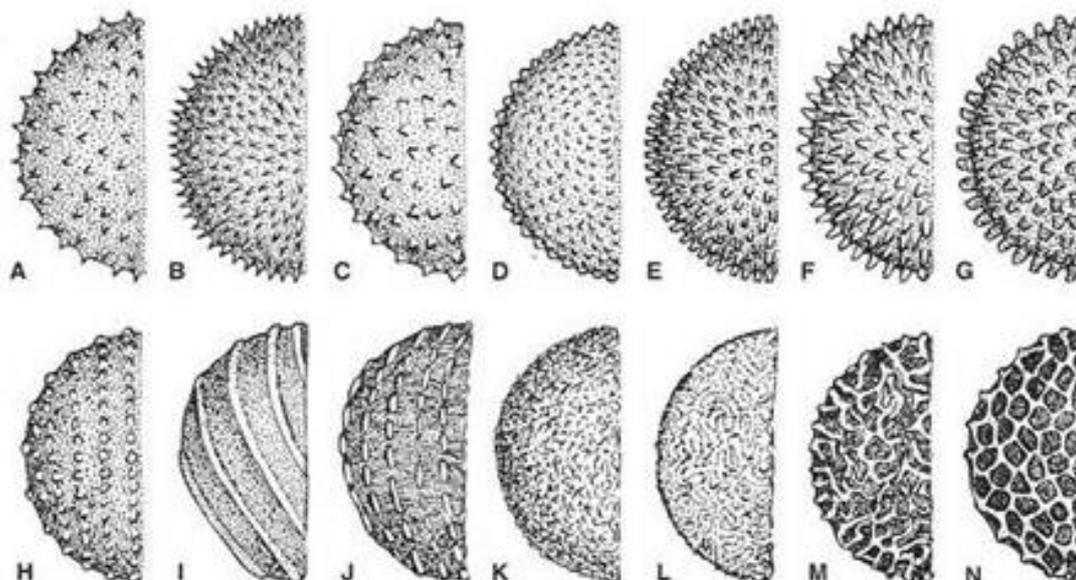
Ainda segundo o autor, na formação dos esporos, o esporóforo multinucleado, forma paredes transversais com separação de células individuais, originando o esporo, como pode ser visto na figura 17, a seguir.



**Figura 17.** Formação de esporo em *Streptomyces*. (FONTE: MADIGAN et al., 2010)

A esporulação normalmente ocorre em culturas sólidas, porém, em culturas líquidas pode acontecer a formação de uma película na superfície da cultura quando não está submetida a agitação.

Outra forma de reprodução seria a fragmentação dos filamentos bacilares e cocóides ou pela combinação de ambos os métodos. Os esporos quando presentes podem ser encontrados formando cadeias, aglomerados isolados ou no interior de esporângios (LACAZ et al., 2002 apud SILVA, 2013, p.30)



**Figura 18.** Orna mentação de esporos de fungos. (FONTE: [http://www.infobibos.com/Artigos/2009\\_1/Diagnose/Index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2009_1/Diagnose/Index.htm) acessado em 25/05/2015)

A identificação de *Streptomyces* em meio de cultura sólido geralmente é simplificada devido ao aspecto opaco, rugoso da colônia, além de sua natureza compacta e coloração. Abaixo, na figura 19, vemos a microscopia óptica com aumento de 40X de espécies de *Streptomyces*.



**Figura 19.** Microscopia óptica (40X) de *Streptomyces* sp., mostrando diferentes morfologias. (FONTE: SILVA, Glêzia, 2013)

### Habitar o tempo

Para não matar seu tempo, imaginou:  
vivê-lo enquanto ele ocorre, ao vivo;  
no instante finíssimo em que ocorre,  
em ponta de agulha e porém acessível;  
viver seu tempo: para o que ir viver  
num deserto literal ou de alpendres;  
em ermos, que não distraiam de viver  
a agulha de um só instante, plenamente.  
Plenamente: vivendo-o de dentro dele;  
habitá-lo, na agulha de cada instante,  
em cada agulha instante: e habitar nele  
tudo o que habitar cede ao habitante.

E de volta de ir habitar seu tempo:  
ele corre vazio, o tal tempo ao vivo;  
e como além de vazio, transparente,  
o instante a habitar passa invisível.

Portanto: para não matá-lo, matá-lo;  
matar o tempo, enchendo-o de coisas;  
em vez do deserto, ir viver nas ruas  
onde o enchem e o matam as pessoas;  
pois como o tempo ocorre transparente  
e só ganha corpo e cor com seu miolo  
(o que não passou do que lhe passou),  
para habitá-lo: só no passado, morto.

**João Cabral de Melo Neto**

Para a realização dos experimentos foram utilizadas seis linhagens de actinobactérias (G27, G28, G29, G78, G85 e JUA183) isoladas de amostras da rizosfera da Caatinga pertencentes à Coleção de Cultura de Microrganismos do Departamento de Antibióticos (UFPEDA) da Universidade Federal de Pernambuco.

Segundo Giulietti e Ferreira (2004, 2012, apud CORRÊA, 2014, p. 15) o bioma da Caatinga possui espécies que apresentam adaptações à deficiência hídrica, entretanto existem poucos estudos sobre o potencial biotecnológico de microrganismos desta região de condições extremas, havendo a hipótese de que os microrganismos também desenvolvem mecanismos de adaptação para sobrevivência às condições adversas, assim como as plantas dessa região.

As raízes das plantas da Caatinga potencializam o crescimento de bactérias e fungos que colonizam a rizosfera pela alteração do ambiente do solo circundante, servindo como substrato para crescimento seletivo de microrganismos do solo, capazes de utilizar eficientemente determinado substrato (SILVEIRA; FREITAS, 2007 apud CORRÊA, 2014, p. 20).

O Dicionário de Filosofia estabelece o seguinte discurso sobre raiz:

**RAIZ.** Termo com que, na linguagem filosófica, se designa frequentemente um princípio primeiro ou um elemento último. Empédocles chamou de raiz os quatro elementos (água, ar, terra e fogo) que compõem as coisas; a partir daí os filósofos utilizaram frequentemente esse termo para indicar elementos ou princípios. (ABBAGNANO, 2012, p.969).

Esse conceito de princípio também é reforçado por Deleuze e Guattari em "Mil Platôs. Capitalismo e Esquizofrenia. Vol.1" (2009, p.3), onde se coloca que "A árvore já é a imagem do mundo, ou a raiz é a imagem da árvore-mundo".

Apoiado por essa ligação da pesquisa com a raiz, e da raiz não física, mas do princípio de onde vim, foi estabelecida uma ligação desta pesquisa com as minhas origens pernambucanas, principalmente nos estudos de design de superfície e nas representações.

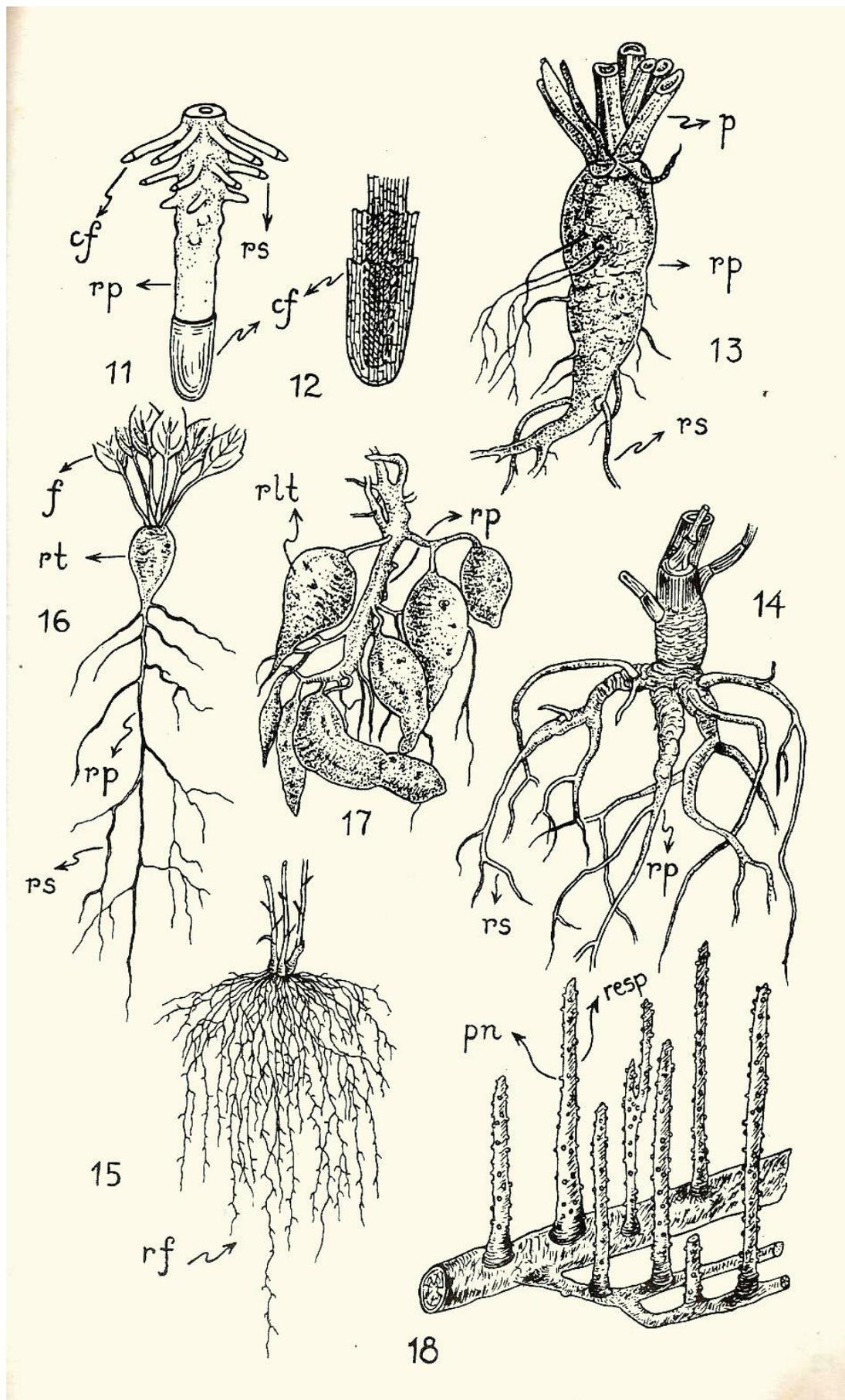


Figura 20. Estruturas de sistemas radiculares. (FONTE: FERRI, 1983, P.21)

Foi criada uma nova trama, de um tecido não só formado por fios torcidos de origem natural, mas que conta com a simbiose com bactérias, remetem as raízes, cores, histórias, cheiro, origem, tato, cultura e sociedade.

Os estudos com actinobactérias isoladas do bioma da Caatinga visa à obtenção de produtos naturais que promovam o crescimento vegetal, pois este bioma provavelmente abriga além de microrganismos conhecidos alguns outros desconhecidos e que provavelmente tenham características interessantes e desejáveis, como a capacidade de tolerar algumas condições estressantes ambientais, como secas, e também a promoção do crescimento de plantas (KAVAMURA et al. 2012 apud LINS, 2014, p.19).

Os estreptomicetos, geralmente encontrados no solo, apresentam um cheiro característico de terra, originário de alguns produtos de seu metabolismo denominados geosminas. Segundo Javaid e Sultan (2013, apud LINS, 2014, p.18) o gênero *Streptomyces* representa aproximadamente 20% das bactérias existentes no solo.

É o cheiro de terra, ou que preferimos chamar de cheiro de chuva, uma das memórias preservadas do princípio de muitos de nós, proporcionada por bactérias que naquele período estavam foram do contexto. Traziam o cheiro de renovação, de fartura, de alívio, da limpeza e purificação de energias e do princípio, ou do fim.

O processo de isolamento (produção de cultura pura de um determinado microrganismo, onde todas as células na população sejam idênticas) de estreptomicetos do solo é feito por meio da diluição de uma amostra de solo em água estéril, diluído e inoculado em meio sólido a base de sais minerais e amido ou caseína a 25°C. Após 5 a 7 dias, são analisadas a presença característica de colônias de estreptomicetos (MADIGAN et al., 2010).

Esse processo de isolamento é impensável para o homem. A produção de uma cultura pura, nada mais seria que a criação de uma sociedade formada de replicantes.

O processo de imaginar culturas puras de bactérias, lhe atribuem uma característica futurista esteticamente *clean*, onde não existem diferenças entre os elementos formadores, e traços que remetem a limpeza de formas e cores, algo extraterreno, intergaláctico.

Os estreptomicetos são pouco exigentes nutricionalmente, fazendo uso de grande variedade de fontes de carbono. São também aeróbios estritos, melhorando intensamente seu crescimento quando crescidos sob agitação. Essa característica facilita bastante a sua utilização, por poder ser crescido com um meio de cultura simples e em contato com o ar.

Diversos produtos naturais com estruturas químicas diferentes são sintetizados pelas actinobactérias, principalmente pelo gênero *Streptomyces*, e estes microrganismos continuam a ser uma fonte rica de novos metabólitos bioativos (GOODFELLOW; FIEDLER, 2010, apud LINS, 2014, p.19).

Entre os microrganismos procariotos, os actinomicetos destacam-se por sua versatilidade na produção de metabólitos secundários cujas aplicações biotecnológicas se enquadram nas mais diversas áreas (VINING, 1990, apud SILVA, Ramon, 2001, p.9).

Outra característica marcante dos estreptomicetos é a grande produção de antibióticos. Algumas espécies produzem até mais de um antibiótico. Além disso, um mesmo antibiótico pode ser produzido por mais de um organismo. Esses organismos são resistentes ao seu próprio antibiótico, porém são sensíveis aos antibióticos produzidos por outras espécies de estreptomicetos.

Dentre os antibióticos produzidos por estreptomicetos estão a neomicina, estreptomicina, tetraciclina, eritromicina e cloranfenicol, além de mais 60 outros empregados na medicina, veterinária e agricultura. O fato de produzir antibiótico é uma excelente característica

desse microrganismo para a pesquisa, pois dificulta o crescimento de outros organismos que podem vir a contaminar os experimentos.

No entanto, ao mesmo tempo, se pensarmos no cultivo de diferentes espécies de estreptomicetos em um mesmo tingimento ou estampa, isso pode ser inviabilizado devido a esse mecanismo de defesa/isolamento.

A ecologia dos estreptomicetos ainda é pouco conhecida, mas acredita-se que a produção de antibióticos está relacionada ao processo de esporulação porque esse fenômeno ocorre quando em meios com esgotamento de nutrientes, os organismos formam os esporos e produzem o antibiótico para diminuir a competição e aumentar a chance de perpetuação da espécie (MADIGAN et al., 2010).

Isso possibilita a esta pesquisa a utilização e conservação do microrganismo para realização de outros experimentos, além de proporcionar ao usuário da estampa desenvolvida com estes esporos a chance de recolocar o microrganismo no meio de cultura e ele voltar a crescer, criando novas estampas a partir de antigas, tornando o sistema inesgotável.

Depois dos antibióticos, as enzimas são os mais importantes produtos de actinomicetos. As enzimas de origem microbianas são amplamente utilizadas no processamento de alimentos, fabricação de detergentes, indústria têxtil, farmacêutica e bioinorgânica (PECZYNSKA-CZUCH & MORDARSKI, 1988, apud SILVA, Ramon, 2001, p. 10).

A seleção destas bactérias se deu justamente pelas características apresentadas acima, de produção de pigmento, produção de antibiótico, esporulação e não patogenicidade, além da temperatura de crescimento de 37°C e pela facilidade de crescimento em meio de cultura de simples (ISP-3) preparo com ingredientes baratos (vide anexo).

Depois destas actinobactérias selecionadas serem recebidas da Coleção de Microrganismos do Laboratório de antibióticos da UFPE, as linhagens preservadas foram primeiramente inoculadas (colocadas para crescer) em pré-inóculos de 50 mililitros (mL) de meio ISP-3 líquido (20

gramas de farinha de aveia, 1 mL de solução de traço de sais e 1000 mL de água destilada), e cultivadas sob agitação 180 rotações por minuto (rpm) por cinco dias a 37°C. A imagem dos pré-inóculos crescidos pode ser vista a seguir na figura 21.



**Figura 21.** Pré-inóculo das linhagens G27, G28, G29, G78, G85 e G183.

### **1.5 Design de superfície**

O homem, desde o período paleolítico, da pré-história (5.000.000 a 25.000 anos a.c.) já fazia registros gráficos de forma intencional, porém somente por volta de 10.000 anos a.c. é que começou a fazer esse registro no corpo, em roupas e ornamentos, com a intenção de proteção ou mística. Desde esse período, já era possível perceber ritmo e repetição nesses registros. (RÜTHSCHILLING, 2013, p.14).

Esse processo de criação então, não teve sua origem na decoração, como a grande maioria das pessoas pensam, e sim para atribuir propriedades especiais ao corpo registrado. Normalmente também, quando mencionamos design de superfície, a maioria dos exemplos normalmente se voltam a indústria têxtil, no entanto, as civilizações antigas já utilizavam uma grande variedade de suportes.

As civilizações antigas desenvolveram o gosto pela decoração de superfícies em geral, principalmente nos utensílios domésticos, espaços arquitetônicos e artefatos têxteis. Pode-se dizer que a tecelagem e a cerâmica, assim como, posteriormente a estamperia e a azulejaria, com sua linguagem visual, carregam o embrião do que hoje chamamos de design de superfície. (RÜTHSCHILLING, 2013, p.16)



**Figura 22.** Azulejos pernambucanos da família Brennand, portugueses tradicionais, modernistas de Athos Bulcão e contemporâneos hidráulicos do fornecedor Eliane. (FONTE: <http://construdeia.com/> acessado em 26/05/2015)

Assim chegamos ao conceito de design de superfície, que foi utilizado pela primeira vez e coincidiu com a fundação da *Surface Design Association (SDA)*, por um grupo de designers têxteis em 1977, nos Estados Unidos e que define design de superfície como:

Design de superfície abrange coloração, padronagem e estruturas de fibras e tecidos. Isso envolve exploração criativa, de processos como tingimento, pintura, estamparia, bordado, embelezamento, quilting, tecelagem, tricô, feltro e confecções de papéis. (SDA, 2008)

Renata Freitas em seu livro “Design de superfície: ações comunicacionais táteis nos processos de criação”, reforça o caráter abrangente do design de superfície e o destaca como um design de interfaces, existente na pele dos produtos, seja de que natureza for.

A autora reforça ainda que o design de superfície é uma especialidade do design, por ter relações muito próximas com o seu processo criativo, e que “tem como função tratar, explorar e ressaltar a interface comunicativa dos objetos, unindo características funcionais e estéticas” (FREITAS, 2012, p. 20), sem esquecer da adequação a um determinado contexto sociocultural e aos processos produtivos do objeto em questão.

E quando falamos de superfície vamos além das características visuais e ampliamos os sentidos para as sensações táteis. Segundo o “Dicionário de filosofia” de Abbagnano (2012), o tato é um dos cinco sentidos que Codillac chamava de sentido fundamental; ainda de acordo com Codillac, o tato é o sentido do qual provém nossa sensação de mundo exterior.

É por meio do tato que conhecemos ou reconhecemos formas e texturas; é o sentido que nos conecta com a emoção e com a intimidade, por meio do toque, no contato com as pessoas, ou com a sensação de presença física e posse. Está diretamente associado com a visão, o mais pragmático dos sentidos, muitas vezes transmitindo sentimentos baseados em lembranças.



**Figura 23.** Sensações táteis de superfícies no design de interiores em revestimentos tridimensionais e na arquitetura em fachadas (FONTE: <http://interior-design-concept.blogspot.com.br/> acessado em 27/05/2015). Ou ainda na modelagem de peças do vestuário ou na estrutura do tecido (FONTE: <https://www.pinterest.com/explore/creative-textiles/> acessado em 27/05/2015).

Por isso, a superfície deve ser tratada como uma interface que vai além da visão, devemos entender a superfície como um modo de comunicação que envolve a percepção de sentidos, não só por meio do raciocínio lógico e conceitual, mas também pela comunicação de sensações que ela transmite. (FREITAS, 2012, p. 13)

No Brasil, o termo design de superfície foi adotado com o significado expandido, onde o designer atua em qualquer tipo de superfície, em qualquer material concreto ou virtual. Dentre essas áreas, temos: o design têxtil (estamparia, tecelagem, jacquard, malharia, tapeçaria), cerâmica, papelaria, materiais sintéticos, dentre outros. (RÜTHSCHILLING, 2013, p.25)

O maior destaque para este trabalho se dá por meio do design têxtil, que tem sua aplicabilidade em grande parte no vestuário e na decoração. As estampas e padronagens desse tipo de design apresentam uma linguagem própria, cheia de elementos e simbologias empregados por meio das mais diversas técnicas.

Os principais meios para a criação de um padrão em um tecido (seja na superfície, seja na própria tecedura) são a tecelagem, a estamparia, a tapeçaria, o bordado e a renda. (...) Na estamparia, o processo possibilita uma série de motivos, dependendo do método utilizado. (EDWARDS, 2012, p. 10)

Existem várias técnicas de estamparia por impressão. Uma das mais antigas é a estamparia por carimbo, onde a tinta é aplicada no tecido com o auxílio de um carimbo, geralmente com base de madeira, mas que tem dimensões limitadas.

Outra técnica mais recente é a estamparia por cilindro, onde cilindros de impressão rolam sobre o tecido, atribuindo-lhe diferentes desenhos. Trata-se de uma técnica muito mais rápida, mas mais cara.

Ainda se tem outra técnica de estamparia, muito utilizada nos dias atuais, principalmente para fazer estampas localizadas, que é a serigrafia.. Edwards (2012, p. 14), define serigrafia como um processo onde "a tinta é vazada através de uma tela preparada; utilizando-se várias telas, obtêm-se estampas multicoloridas". Essa técnica deu origem a estamparia de quadro, também de ampla utilização na indústria têxtil.

Para a confecção das estampas nesta pesquisa foi selecionada uma técnica bastante parecida com a serigrafia, chamada estêncil. Esta técnica, consiste na impressão de desenho figurativo ou abstrato por meio de aplicação de tinta (no presente experimento meio de cultura com actinobactérias) sobre uma matriz (papel ou acetato) vazada, produzindo imagens sobre superfícies de cimento, mobiliário, têxteis (SABINO, 2007).

Outra técnica importante para este trabalho é o tingimento por reserva, onde geralmente um tecido é tratado com goma em algumas áreas, formando desenhos e tornando-os impermeáveis. Depois o tecido é tingido com corante, que somente penetra as áreas não engomadas, formando a estampa. O tecido passa depois por um processo de lavagem e retirada da goma, assim como fixação do corante.

Fixadores ou mordentes – o alúmen é um exemplo- criam uma ligação química entre as tinturas, que, de outro modo, desbotaria, assim como os tecidos aos quais são aplicadas. Os fixadores mais comuns são sal, vinagre, sucos cítricos e lixívia. (EDWARDS, 2012, p. 10)

Os motivos estampados são dos mais variados, geralmente classificados entre florais, geométricos, abstratos e figurativos. Esses desenhos variam de estilo principalmente de acordo com a geografia, política, história, religião, arte, moda, tendências, e cultura, de maneira geral, do local onde se origina.

As formas florais e naturais são umas das mais utilizadas pelas diversas culturas. A abordagem biomimética nesse momento é praticamente literal, com utilização de formas da natureza como inspiração.

Para Lotta Kühlhorn (2014, p.10), os motivos utilizados nas estampas são como uma foto de uma comunidade, porque ilustram as características de uma região. Acredita também que sua importância não está somente nas características físicas, mas também porque elas comunicam alguma coisa sobre o outro, como ele percebe muitas vezes a vida.

Kühlhorn tem uma visão bem particular sobre as estampas, tratando-a sempre de forma muito pessoal, como um diário, um relatório sobre suas referências e sua vida (figura 24). Coloca ainda que o que torna nos dias atuais uma estampa mais atraente, é quando a mesma tem algo a comunicar, quando existe uma mensagem, quase um código secreto.

A maioria dos livros de estampa, traçam suas raízes nos motivos da natureza, e este é um dos principais assuntos utilizados até hoje. É também o ponto de início para a maioria das pessoas que trabalham com estampa. (KÜHLHORN, 2014, p. 10)



**Figura 24.** Referências pessoais de Kühlhorn, presentes em sua mesa de trabalho. (FONTE: (KÜHLHORN, 2014, p. 37)

Para a autora, as estampas não precisam representar coisas bonitas como flores, mas podem mostrar outros aspectos da vida, o cotidiano, mais reais, tristes, ou simplesmente mundanos e não interessantes, dessa maneira, o trabalho se torna mais honesto, limpo.

É nesse contexto mais pessoal que o trabalho de Elisabete Paes encontra seu espaço. Em seu livro “Estampa brasileira” (2011), Paes faz uma retrospectiva de seu trabalho desde a estamperia até os trabalhos mais recentes em produto e sustentabilidade. Suas criações são sempre permeadas pela cultura de seu estado natal, Pernambuco, que define como um local de cultura pujante, forte, rica.

Coloca-se aí a importância de reinterpretar as origens, de forma a criar algo de alcance amplo, algo que já era pregado por Antoni Gaudí (1853-1926), “*Originalidad es volver al origin*”.

Paes teve interesse por estamperia, apesar de formada em Arquitetura, por entender a estamperia como uma forma de expressão que não precisava de um quadro como suporte, algo dotado de beleza e que poderia causar encantamento, mas que ao mesmo tempo poderia ser acessível e funcional. Sua estamperia, em sua maioria era realizada em serigrafia, mas a pintura sobre o tecido era espontânea e aleatória (figura 25).

O intuito era criar uma iconografia que pudesse ser usada como um alfabeto amplo: apesar de minha ligação com o imaginário popular, não queria que as estampas fossem tachadas de regionalistas, mas que fossem vistas como universais. (PAES, 2011, p. 20)

Esteticamente, esta é uma das intenções deste trabalho, retornar as origens, mas sem ser algo evidente, até mesmo porque retornar as origens não é algo possível, pois não conseguimos voltar no tempo. É procurar novos caminhos a partir dos já traçados. É a busca pelo *terroir*.

*Terroir* segundo o Guia Larousse tem o seguinte significado:

**TERROIR.** É uma palavra francesa sem tradução em nenhum outro idioma. Significa a relação mais íntima entre o solo e o microclima particular, que concebe o nascimento de um tipo de uva, que expressa livremente sua qualidade, tipicidade e identidade em um grande vinho, sem que ninguém consiga explicar o porquê. (FONTE: <http://www.revistaadega.uol.com.br> acessado em 27/05/2015)



**Figura 24.** Tela de serigrafia e almofadas da linha "Guiné" de Bete Paes. (FONTE: (PAES, 2011, pgs. 74 e 75)

O design de superfície é, desta forma, uma área ampla, onde surgem exemplos incomuns a todos momentos. Além de novos suportes, meios, mídias e escalas, mudam também as formas de aplicação, confecção, relação, dentre outros.

A própria estamperia se modernizou muito nos últimos anos, tornando-se cada vez mais tecnológica, como no emprego da sublimação, a estamperia digital têxtil, cortes a laser e impressões tridimensionais (3D).

A interação do usuário com a interface também se reconfigurou com o advento do *touch screen*, trazendo inúmeras novas possibilidades de relação entre o usuário e o objeto. Essa interação mostra como a superfície está em foco nos novos desenvolvimentos, gerando objetos mais sensíveis, ativos e dinâmicos. (RÜTHSCHILLING, 2013, p.43)

# 2.

LABORATÓRIO DE COR

## 2. LABORATÓRIO DE COR

Este capítulo é a primeira parte dos experimentos realizados com a actinobactéria para testar a incorporação do microrganismo a tecidos orgânicos (algodão, seda ou linho). Foram realizados para tanto, testes em meio de cultura sólido e líquido com diferentes métodos. Os resultados destes experimentos foram analisados por observação a olho nu e por microscopia óptica e registrados por fotografia.

Esse laboratório contempla os testes de tingimento de tecidos orgânicos em diferentes condições de inoculação e crescimento. Após esses experimentos, os tecidos obtidos foram selecionados e submetidos a lavagem e passagem de acordo com as recomendações do fabricante dos tecidos.

Na página seguinte, encontra-se um infográfico mostrando o passo a passo dos laboratórios de cor e superfície para facilitar o entendimento de todo o processo dos experimentos, devido à grande quantidade de nomenclatura dos testes. Recomenda-se a visualização do mesmo para o acompanhamento dos próximos capítulos (figura 25).

Os laboratórios testaram a interação e utilização de bactérias com tecidos visando um melhoramento e inovação das práticas de coloração e estamparia na indústria do vestuário.

Este laboratório foi o primeiro contato com os microrganismos e por isso, muitas foram as possibilidades testadas de associação da bactéria com o tecido. Foram testados ainda tipos de tecido (cambraia, percal 200 fios<sup>3</sup>, tricoline, atoalhado, laise, guipure, linho puro, seda pura e georgette de seda), condições de crescimento do microrganismo, estamparia, coloração e lavagem.

Estes experimentos levaram a seleção de algumas linhagens mais expressivas para a utilização no vestuário e para dar continuidade aos outros laboratórios, tendo um resultado positivo de forma geral.

---

<sup>3</sup> 200 fios são referentes a 200 fios de algodão no urdume e 200 fios de algodão na trama.

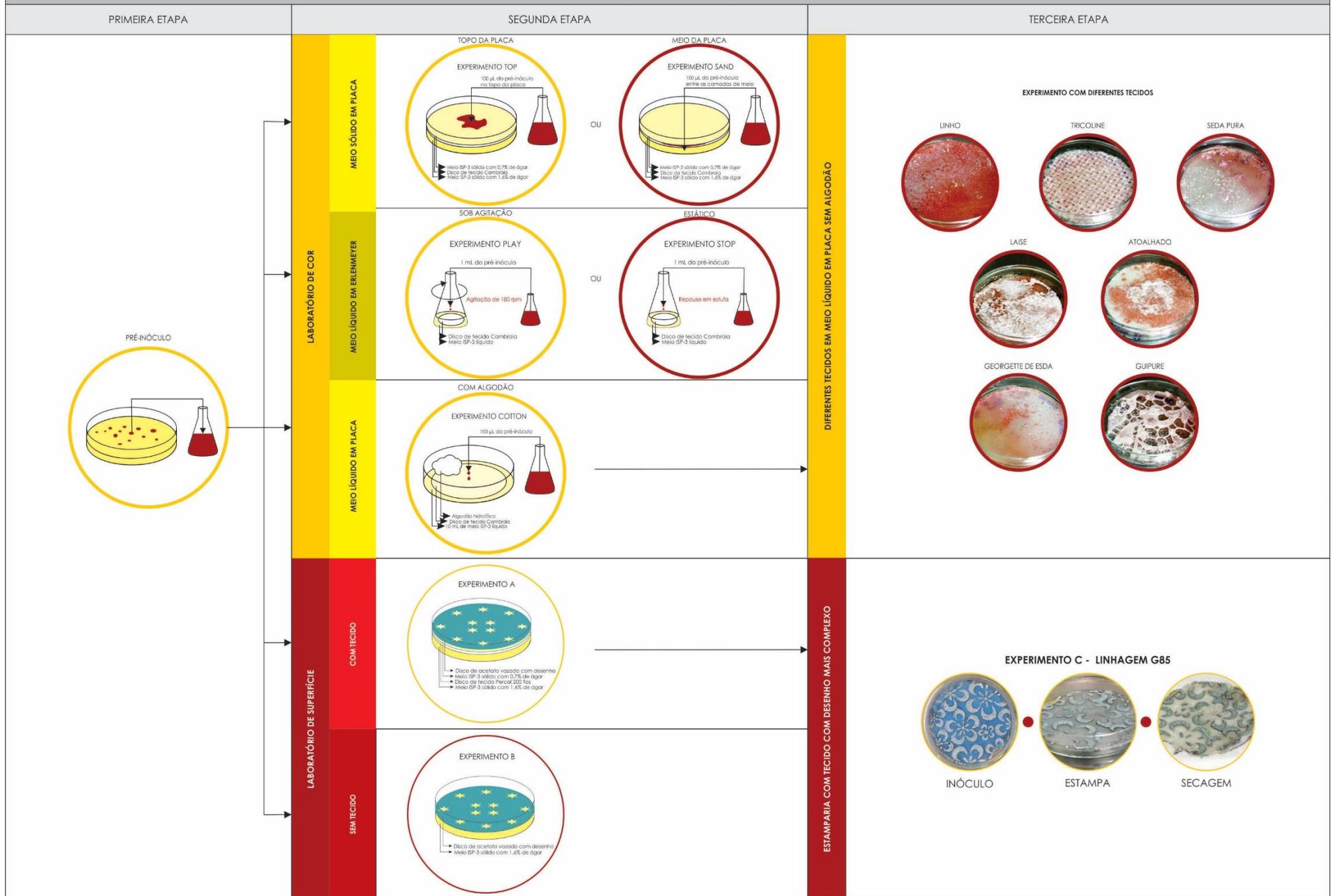


Figura 25. Infográfico dos laboratórios de cores e superfície.

Iniciaram-se os estudos pela análise da interação entre actinobactérias e tecidos. Como a bactéria é filamentosa, acreditava-se que assim como as fibras do tecido se associam para dar forma aos fios, essas bactérias poderiam se associar ao tecido, dotando-os de algumas propriedades como cor e resistência ao crescimento de outras bactérias.

Estes primeiros testes foram feitos utilizando-se discos de cambraia (100% algodão) em contato com as actinobactérias selecionadas e crescidas em meio líquido e sólido, com ou sem agitação e em contato direto ou indireto com o tecido.

Após os primeiros resultados foi feita a seleção de uma das técnicas que obteve uma considerável coloração para ser repetida, mas utilizando-se diferentes tipos de tecidos orgânicos.

Foram realizadas fotografias e microscopia para avaliar a interação entre as bactérias e as fibras do tecido. Os experimentos geraram uma diversidade de tipos de coloração nos tecidos, além de velocidades de crescimento distintos em cada um dos casos.

Após crescida a bactéria, todos os tecidos de todos os experimentos passaram por um processo de secagem que contava com a retirada do tecido do meio de cultura, colocação entre duas camadas de tecido 100% algodão, prensagem manual com o auxílio de placas de Petri estéreis e acondicionamento em estufa à 40°C durante 24 horas.

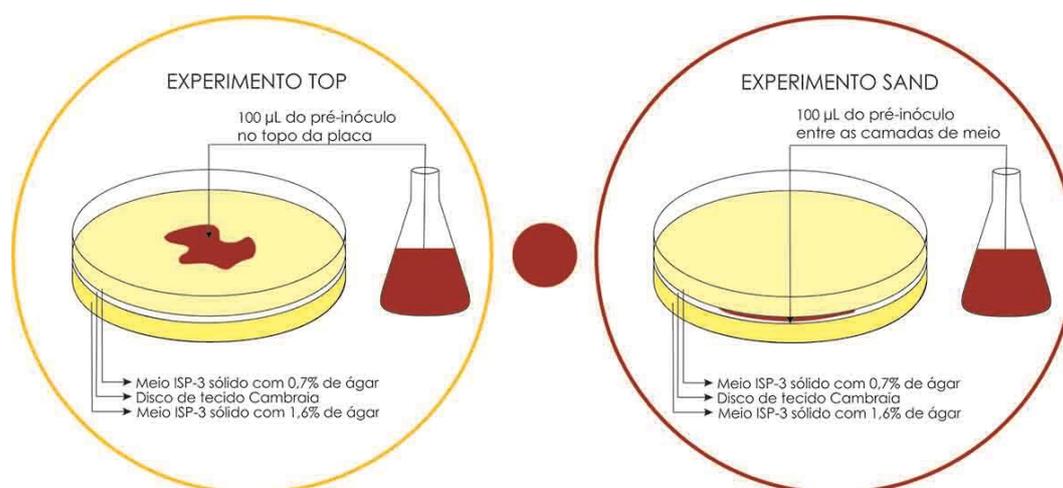
Os tecidos gerados em um dos experimentos que obteve um bom resultado de coloração e crescimento bacteriano, foram lavados para testar a fixação do corante.

## **2.1 Meio sólido em placa de Petri**

Os seis isolados de actinobactéria selecionados, após realizado o pré-inóculo como mencionado anteriormente, foram inoculados com o auxílio da alça de Drigalski em placas de Petri com 90 mm de diâmetro preparadas de duas maneiras diferenciadas que aqui neste subcapítulo foram separados em experimento TOP e experimento SAND.

Essas nomenclaturas dos experimentos foram dadas devido ao local de inoculação do microrganismo, no topo do meio de cultura (TOP) e entre camadas de meio de cultura, como em uma espécie de sanduiche (SAND).

Ambos apresentavam 20 mL de meio de cultura ISP-3 com 1,6% de Ágar, um disco de tecido (cambraia) de 80 mm de diâmetro e uma segunda camada de meio ISP-3 com 0,7% de Ágar. A diferença entre os dois experimentos foi o local onde foi depositada a amostra de 100  $\mu$ L (microlitros) de bactéria coletada do pré-inóculo. No experimento TOP, as bactérias foram inoculadas sobre a segunda camada de meio, no topo da placa; já no experimento SAND o inóculo foi realizado sobre o tecido, entre as duas camadas de meio. A ilustração das placas dos dois experimentos pode ser vista a seguir na figura 26.



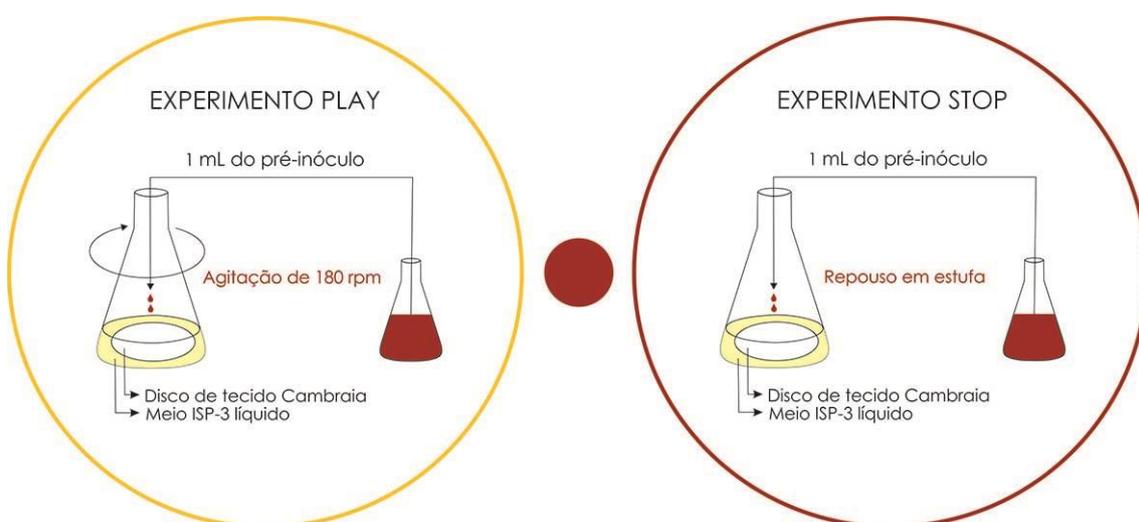
**Figura 26.** Demonstração dos inóculos nos experimentos TOP e SAND.

As Placas foram crescidas durante 5 dias em estufa a 37°C, tempo suficiente para que ocorra a esporulação e produção de corante pelas actinobactérias.

## 2.2 Meio líquido em erlenmeyer

Um segundo teste de coloração e interação entre as actinobactérias e o tecido foi realizada em meio de cultura ISP-3 líquido em erlenmeyers de 500 mL.

Neste experimento foi colocado dentro do frasco 100 mL de meio de cultura, 1 mL do pré-inóculo com as bactérias e um disco de cambraia de 90 mm de diâmetro que ficou em contato contínuo com as bactérias e o meio de cultura durante 5 dias. Esse experimento foi realizado sob constante movimentação em mesa agitadora a 180 rpm (experimento PLAY) e estático em estufa (experimento STOP), ambos a 37°C (ver figura 27).



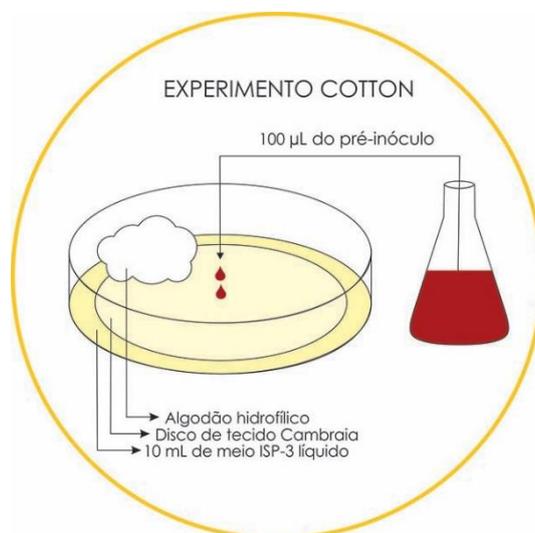
**Figura 27.** Inóculos nos experimentos PLAY e STOP.

### 2.3 Meio líquido em placa de Petri

Um último teste foi realizado em placas de Petri, mas com meio líquido em seu interior. Nas placas foram colocados o disco de cambraia com 80 mm de diâmetro umedecido com 10 mL de meio ISP-3 líquido e inoculados com 100  $\mu$ L do pré-inóculo.

Uma preocupação com esse experimento era que o meio viesse a secar e as bactérias cessassem o seu crescimento, por isso foi adicionado um pedaço de algodão hidrofílico estéril a cada uma das placas, aumentando a umidade e disponibilidade de nutrientes. Além disso, 1 mL de meio foi adicionado as placas diariamente durante os cinco dias de crescimento em estufa a 37°C.

A este experimento demos o nome de COTTON (figura 28). Para também evitar que as placas secassem devido a temperatura de crescimento, foi controlada a umidade dentro da estufa com a utilização de água destilada.



**Figura 28.** Inóculo do experimento COTTON.

## 2.4 Teste em diferentes tipos de tecido

Após a obtenção de um bom resultado com meio líquido em placas de Petri no experimento COTTON, como será demonstrado a seguir, o experimento foi repetido sem o chumaço de algodão e desta vez com diferentes tipos de tecidos de fibra natural (tricoline, laise, linho, atoalhado, seda, guipure e georgette de seda) e apenas foram utilizados dois isolados que tiveram o melhor crescimento e coloração, G27 e G85, como também será mostrado abaixo nos resultados. A figura 29 mostra a realização do experimento.

A quantidade inicial de meio de cultura líquido ISP-3 permaneceu a mesma, 10 mL, e os tecidos também foram cortados em discos de 80 mm de diâmetro assim como no primeiro experimento. 1 mL de meio somente foi adicionado as placas duas vezes durante os cinco dias de crescimento, ao invés do abastecimento diário feito anteriormente. As amostras foram crescidas em estufa a 37°C.

Todos os tecidos obtidos foram submetidos a microscopia óptica para avaliação da interação entre fibra e bactéria.

### EXPERIMENTO COM DIFERENTES TECIDOS



G85

**Figura 29.** Experimento COTTON com o isolado G85.

## 2.5 Resultados

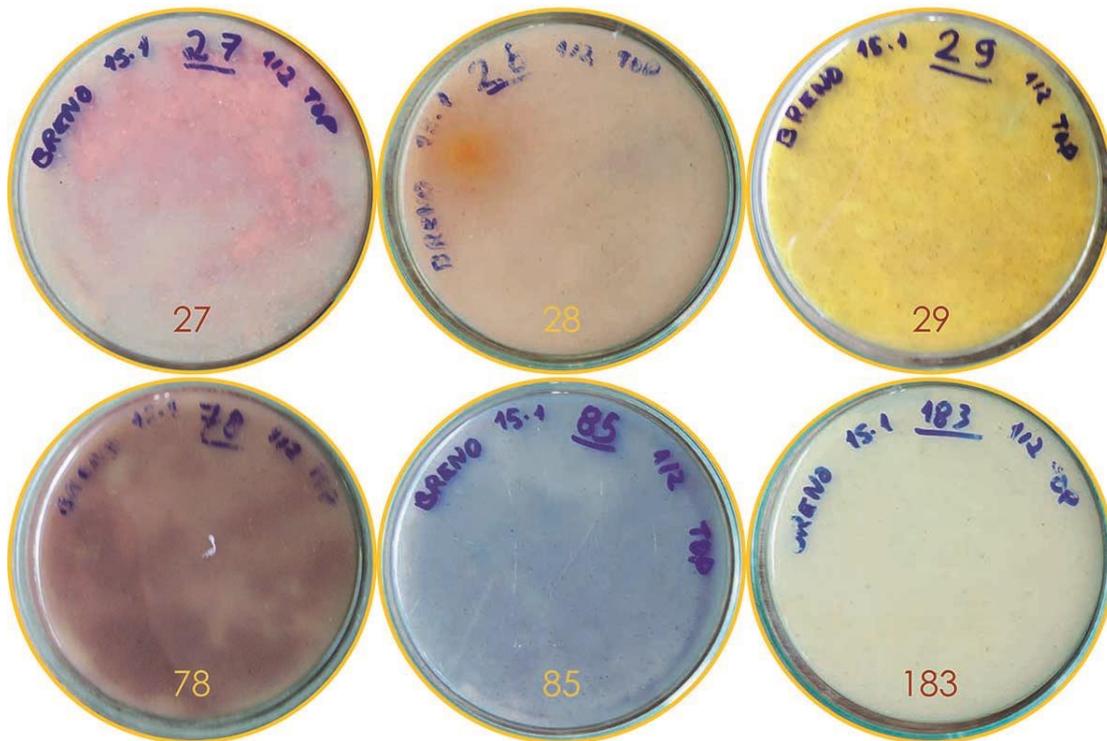
Entre os experimentos realizados em placas de Petri utilizando meio de cultura sólido, o que apresentou melhor resultado de crescimento e coloração foi o experimento TOP como visto nas figuras 30 e 31 a seguir.

O período de crescimento de 5 dias se mostrou ideal para o processo de pigmentação, assim como a temperatura de crescimento de 37°C, onde no experimento TOP, além de obtida a coloração do tecido, os isolados produziram também a coloração do meio de cultura.

Dos isolados, o único que não obteve uma coloração diferenciada e considerável foi o isolado JUA183, mas que desde de o início foi selecionado muito mais por sua característica de ser celulolítico (capaz de realizar a quebra da celulose).

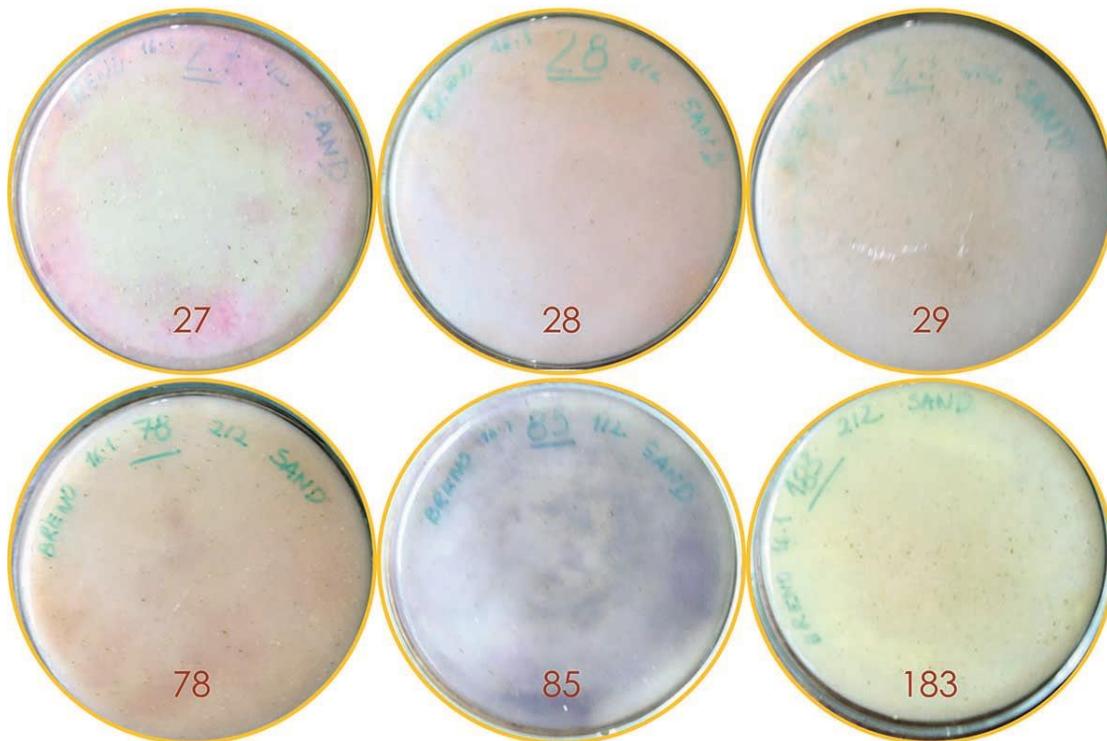
As colorações obtidas podem ser visualizadas na cartela de cor (figura 32).

### EXPERIMENTO TOP

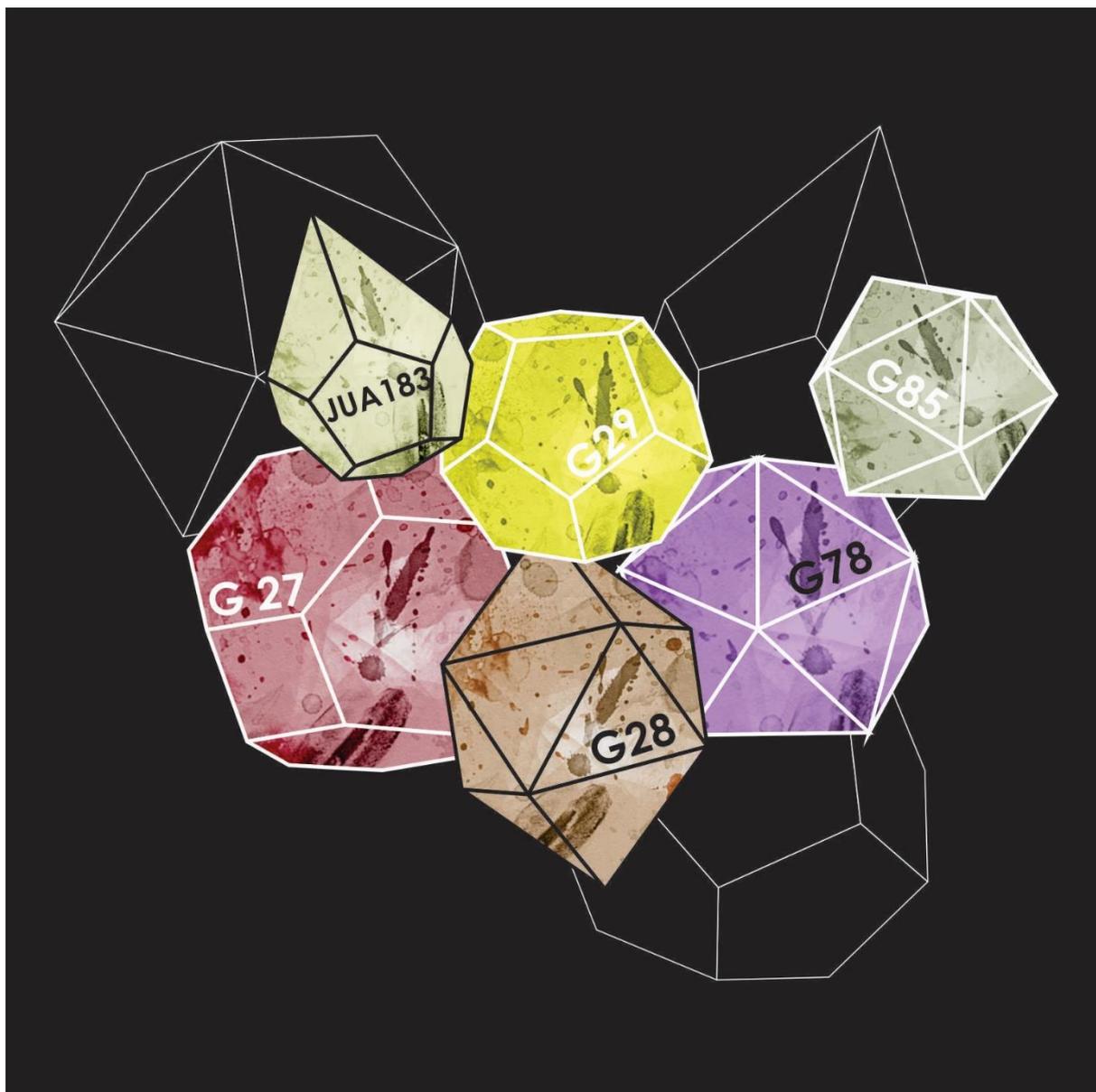


**Figura 30.** Reverso das placas dos isolados mostrando a cor da pigmentação do meio e do tecido no experimento TOP.

### EXPERIMENTO SAND



**Figura 31.** Reverso das placas dos isolados mostrando o pequeno crescimento das bactérias e consequente pouca pigmentação do tecido no experimento SAND.



**Figura 32.** Cartela de cor dos tingimentos obtidos com as linhagens selecionadas de actinobactéria.

Corrêa (2014) realizou a identificação destas actinobactérias e obteve os seguintes resultados:

- G27 *Amycolatopsis saalfeldensis*
- G28 *Streptomyces* sp.
- G29 *Streptomyces antibioticus*
- G78 *Streptomyces tricolor*
- G85 *Streptomyces* sp.
- JUA183 *Streptomyces* sp.

Na figura 33 pode ser visto o micélio aéreo do isolado G29 após os 5 dias de crescimento com a finalidade de comparar os experimentos TOP e SAND mais claramente. Enquanto no experimento TOP a bactéria formou uma camada contínua, no experimento SAND vemos apenas pequenas colônias.



**Figura 33.** Comparação dos micélios aéreos do isolado G29 nos experimentos TOP e SAND.

Após o processo de secagem, pode ser visto também que quando utilizado o meio sólido, as bactérias pigmentam o tecido de forma moderada, talvez por estar mais intensamente ligado ao direito do tecido e não com o avesso também.

Também pode ser observado que a camada de bactérias formada acima do tecido, após a secagem se torna quebradiça e se desprende aos poucos do tecido.

Outra observação pertinente é que quando realizado o experimento, o tecido apresenta um cheiro característico de terra, provavelmente por se tratar de uma bactéria de solo. Esse cheiro é facilmente ilustrado como "cheiro de chuva".

Abaixo pode ser observado na figura 34 o procedimento de secagem do tecido no experimento TOP, ilustrando o material utilizado

no processo, a retirada da cambráia da placa de meio, o detalhamento do avesso do tecido e logo após a secagem percebemos também que o tecido de algodão utilizado para secar o tecido tingido do experimento também acaba ficando pigmentado, caracterizando a migração do pigmento das bactérias para os tecidos em contato.

### PROCEDIMENTO DE SECAGEM



**Figura 34.** Procedimento de secagem do tecido no experimento TOP.

Depois de secas, as amostras do experimento TOP que obtiveram melhor resultado, não foram submetidos a nenhum processo de fixação da coloração. Esses tecidos foram cortados ao meio e uma metade submetida a lavagem durante 1h em erlenmeyer contendo 100 mL de água destilada e 5 mL de detergente neutro, sob agitação de 100 rpm. As amostras lavadas foram enxaguadas em água destilada e secadas à sombra.

Na figura 35 a seguir, pode ser visualizada a cor da água após a lavagem, que demonstra ter ocorrido grande perda de coloração do tecido para a água, no entanto os tecidos continuaram pigmentados, mas a cor ficou mais clara. Dessa forma, novas possibilidades de fixação devem ser investigadas.

### PROCEDIMENTO DE LAVAGEM - EXPERIMENTO TOP



G27, G28 E G29

G78, G85 E G183

DETALHE G27

**Figura 35.** Procedimento de lavagem do tecido no experimento TOP, caracterizando a perda de cor do tecido para a água.

Dos isolados, aqueles que pareceram ter mais perda de pigmento para a água durante a lavagem foram o G29 e o G85. De certa forma, o resultado já era esperado, uma vez que faz parte do processo de tingimento têxtil o processo de fixação do pigmento.

Já os tecidos que foram colocados em erlenmeyes e crescidos juntamente com as bactérias, com e sem agitação, caracterizando os experimentos PLAY e STOP, tiveram resultados bastante distintos entre si e dos experimentos realizados em meio sólido.

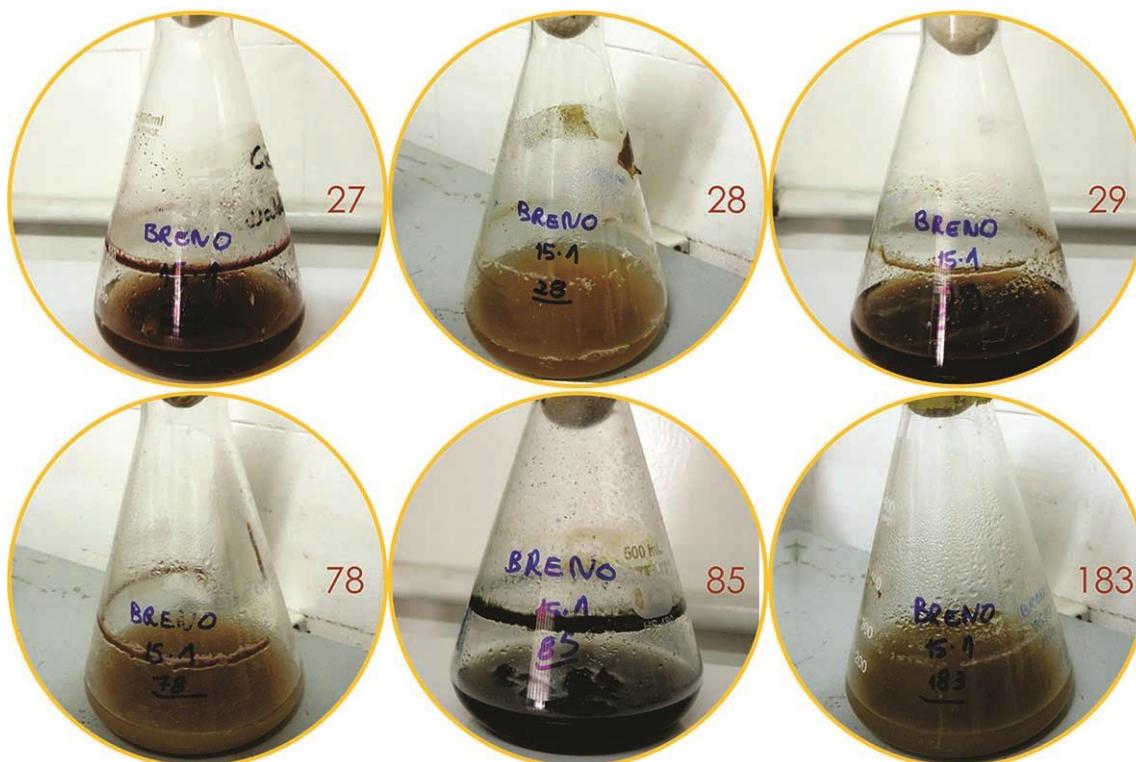
Dos que cresceram sob agitação (experimento PLAY), vemos que o meio de cultura ficou muito turvo, entre os tons de amarelo e marrom, além de formarem anéis de depósito de material acima da altura do meio de cultura, além de aglomerados sobre o tecido. Pelo estudo das actinobactérias na construção do referencial teórico, acreditava-se de fato que esse seria o experimento com melhor sucesso de coloração.

O experimento foi então o melhor teste com resultados para a coloração do tecido cambraia de todo o laboratório de cor, onde observou-se uma forte cor do pigmento, como pode ser visto na figura 36.

As colorações obtidas, são as mesmas realizadas no experimento TOP, no entanto, pela figura conseguimos visualizar que os isolados G27,

G29 e G85 apresentam uma coloração bem mais escura, de alta concentração.

### EXPERIMENTO PLAY



**Figura 36.** Resultados do experimento PLAY. Percebe-se que os isolados G27, G29 e G85 são os que mais produziram em intensidade a coloração.

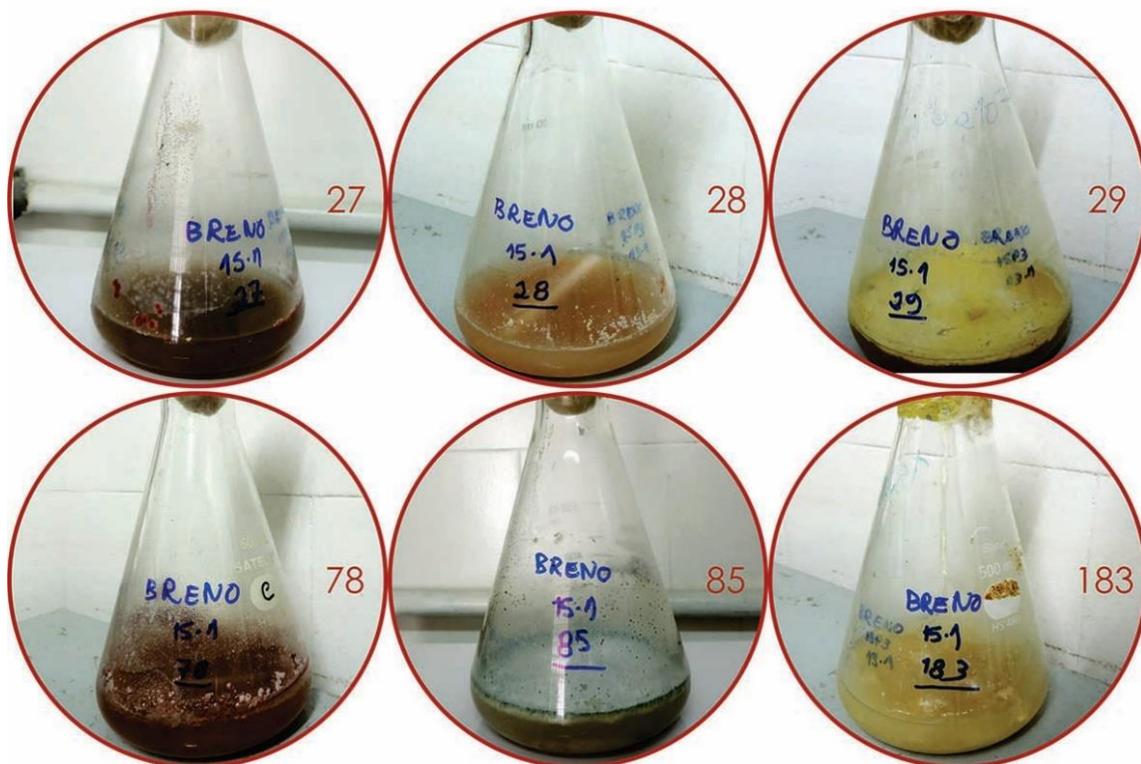
Ao analisar o meio de cultura resultante após os 5 dias de crescimento, aparentemente esses foram os meios mais esgotados nutricionalmente, restando pouco detrito e biomassa.

Por outro lado, no experimento STOP, onde as bactérias foram crescidas em meio líquido, mas em repouso em estufa à 37°C, podemos observar outro fenômeno, o da formação de uma camada na superfície do meio de cultura de característica predominantemente esbranquiçada e com leve brilho formada pelos esporos bacterianos e que pode ser vista mais evidentemente nos isolados G29 e G85 na figura 37.

Os isolados G27 e G78 não criaram a camada de sobrenadante, mas formaram pequenos aglomerados esféricos que se depositaram

sobre as paredes do recipiente ou permaneceram em sua maioria, flutuando no meio.

### EXPERIMENTO STOP



**Figura 37.** Resultado do experimento STOP após 5 dias de crescimento. Evidencia-se a formação de uma camada sobrenadante nos isolados G29 e G85.

A camada formada no sobrenadante, parecida com um biofilme, somente surge a partir do quarto dia de crescimento, quando é iniciado de forma mais abrupta o processo de esporulação. Isso fica bastante evidente na figura 38 abaixo comparando o inóculo do isolado G29 no terceiro dia e no quinto dia durante o experimento STOP. Essa camada também foi coletada durante o processo de secagem do tecido, mas a mesma se mostrou extremamente frágil e quebradiça, se assemelhando a uma folha seca no final do processo, sendo assim descartada e aparentemente sem função para o vestuário.



**Figura 38.** Comparação do tempo de crescimento do isolado G29 com o tecido com 3 e 5 dias de crescimento, evidenciando o sobrenadante.

No entanto, apesar de aparentemente ter tido um bom crescimento, o mais importante para o resultado da pesquisa, que é o tingimento não aconteceu de maneira eficiente no experimento STOP, muito provavelmente devido à ausência da agitação que melhora o contato entre o pigmento e o tecido, pois o meio de cultura em si, ficou corado, mas o tecido tingiu-se levemente.

Comparando os experimentos PLAY e STOP vemos na figura 39 o quanto eles são distintos somente devido à ausência de agitação e consequente aeração. É possível inferir então que, para a maior e mais eficiente produção do pigmento, é importante um bom fornecimento de oxigênio.

## EXPERIMENTOS



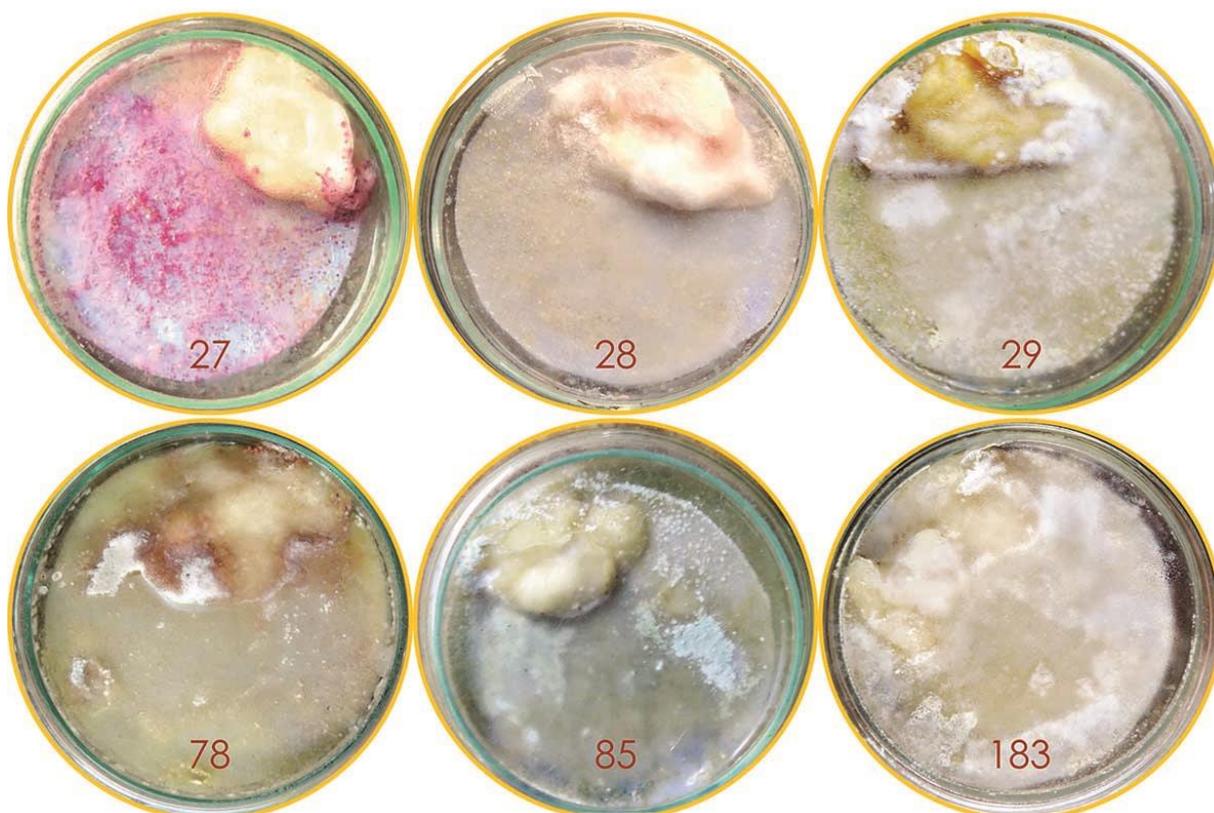
**Figura 39.** Comparação do resultado após 5 dias de crescimento do isolado G85 nos experimentos PLAY e STOP, evidenciando a maior produção de pigmento quando sob agitação.

O último teste de tingimento feito em placas de Petri, mas com meio líquido, que caracterizou o experimento COTTON, obteve um resultado mediano, pois não apresentou uma grande produção de pigmento. Além disso, verificou-se que era um experimento que precisava de ajustes pois a quantidade de meio de cultura reposta na placa foi muito grande. Já a presença do algodão que deveria auxiliar na preservação da umidade, fez foi atrapalhar o tingimento, pois acabava retirando os pigmentos do meio por capilaridade.

Em alguns dos experimentos, o algodão inclusive apresentou o crescimento de colônias sobre ele, e quando removido, a região que ele ocupava sobre o tecido, acabava ficando sem nenhum tingimento.

A morfologia da colônia também apresentou um aspecto diferente, mais isolado, enquanto no meio sólido geralmente formava uma camada celular (figura 40).

## EXPERIMENTO COTTON

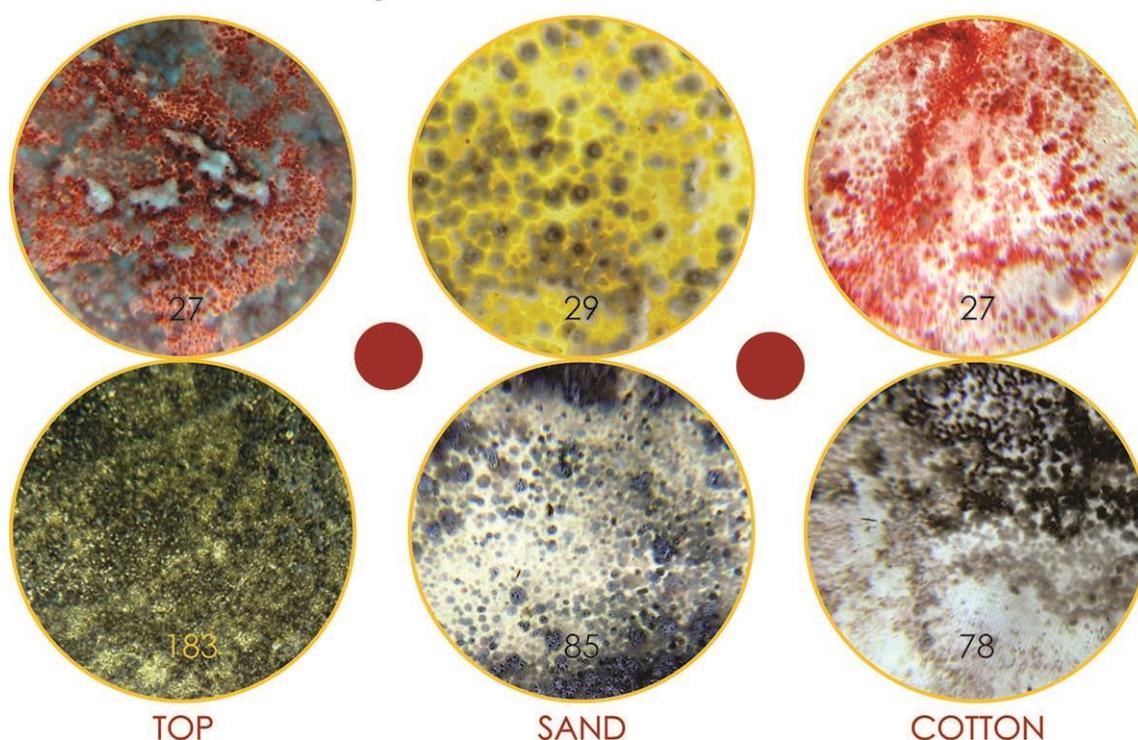


**Figura 40.** Resultado do experimento COTTON, que não obteve coloração tão forte e apresentou colônias isoladas (Fonte: próprio autor).

Esses resultados dos experimentos em placa de Petri, seja com meio sólido ou líquido foram comparados utilizando-se para isso o auxílio de um contador de células, que apresenta uma lupa com aumento aproximado de 5X e uma luz vinda de baixo da placa, que evidencia o formato da colônia e a cor do pigmento produzido.

Nas figuras 41 e 42 a seguir, mostra-se o quanto a coloração dos isolados G27 e G29 se sobressaem nas cores vinho e amarelo em relação aos outros isolados. Podemos ver também que a quantidade de colônias formadas foi muito maior no experimento TOP, do que nos experimentos SAND e COTTON. Vê-se que a coloração do fundo do tecido e do meio de cultura também é muito maior no experimento TOP do que no restante.

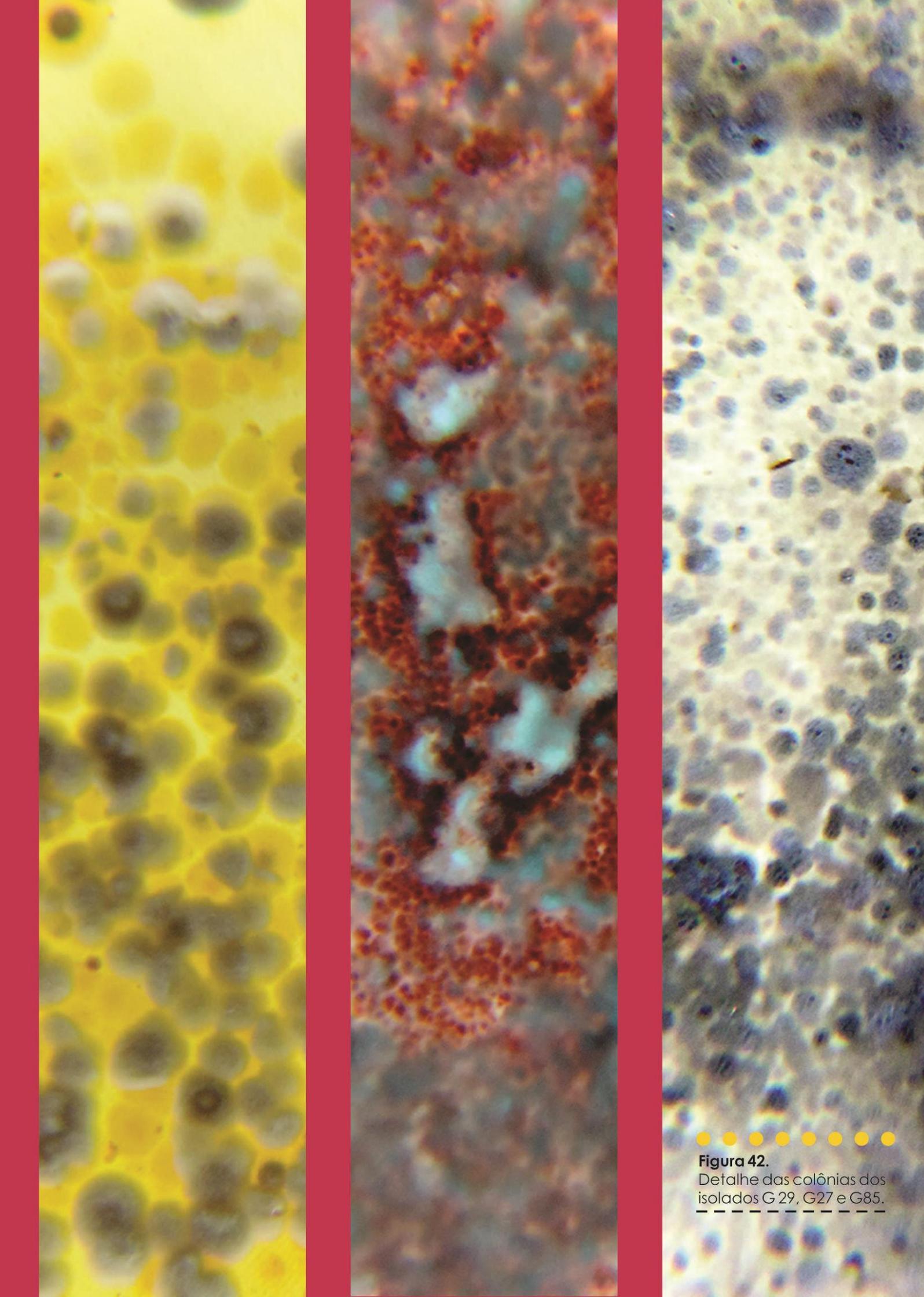
### VISUALIZAÇÃO COM CONTADOR DE COLÔNIAS



**Figura 41.** Comparação dos experimentos TOP, SAND e COTTON feito com o auxílio de um contador de células, mostrando colônias e colorações dos isolados.

Por último o experimento COTTON foi redefinido e refeito, mas utilizando-se para isso sete tipos diferentes de tecidos de fibras naturais e apenas dois isolados que apresentaram rápido crescimento e boa pigmentação, o G27 e G85.

Os ajustes no experimento com a retirada do algodão e a diminuição da quantidade de meio repostada ao longo dos dias teve excelente resultado, permitindo um crescimento mais rápido do microrganismo e maior pigmentação.



**Figura 42.**  
Detalhe das colônias dos  
isolados G 29, G27 e G85.

---

Dos tecidos 100% algodão (tricoline, atoalhado, guipure e laise), 100% seda (georgette de seda e seda pura) e 100% linho (linho puro), o que apresentou melhor crescimento e pigmentação do tecido, foi o linho, como mostrado na figura 43.

Dentre os tecidos de algodão, a tricoline, que apresenta menos textura e fibras mais finas e organizadas apresentou uma grande produção de esporos e boa pigmentação. Já os tecidos de seda tiveram um tingimento superficial, em tom pastel, bem suave e delicado.

#### EXPERIMENTO COM DIFERENTES TECIDOS - G27



**Figura 43.** Comparação dos diferentes tecidos crescidos em meio líquido em placa de Petri com o isolado G27, destacando o bom resultado do crescimento no linho.

No mesmo experimento, mas utilizando o isolado G85, temos um resultado semelhante em termos de tingimento, mas diferente em relação ao crescimento.

Quando analisado o tingimento final do tecido, o linho também foi o que teve melhor coloração ao final do processo de secagem. Porém, o isolado G85 teve um excelente crescimento em todos os tecidos, transformando inclusive as texturas dos tecidos com relevo como a laise, guipure e atoalhado (figura 44).

Este isolado apresenta uma esporulação intensa e muito rápida, mas que quando não está sob agitação não produz tanto pigmento, tendo a coloração mais esverdeada, do que quando em agitação onde fica mais enegrecida.

Um ponto negativo deste isolado (G85) é que esse seu aspecto esverdeado se assemelha aos fungos que comumente chamamos de bolor, não apresentando um aspecto agradável, mas apresenta texturas diversificadas e interessantes para superfícies.

#### EXPERIMENTO COM DIFERENTES TECIDOS - G85



**Figura 44.** Comparação dos diferentes tecidos crescidos em meio líquido em placa de Petri com o isolado G85, destacando o bom resultado do tingimento no linho.

Algumas destas amostras foram analisadas em microscopia óptica com um aumento de 200X e fotografadas para analisar a morfologia dos microrganismos. No entanto, dependendo do tecido essa visualização ficou um pouco prejudicada, principalmente nos tecidos que apresentavam fibra muito espessa, que impede a passagem da luz.

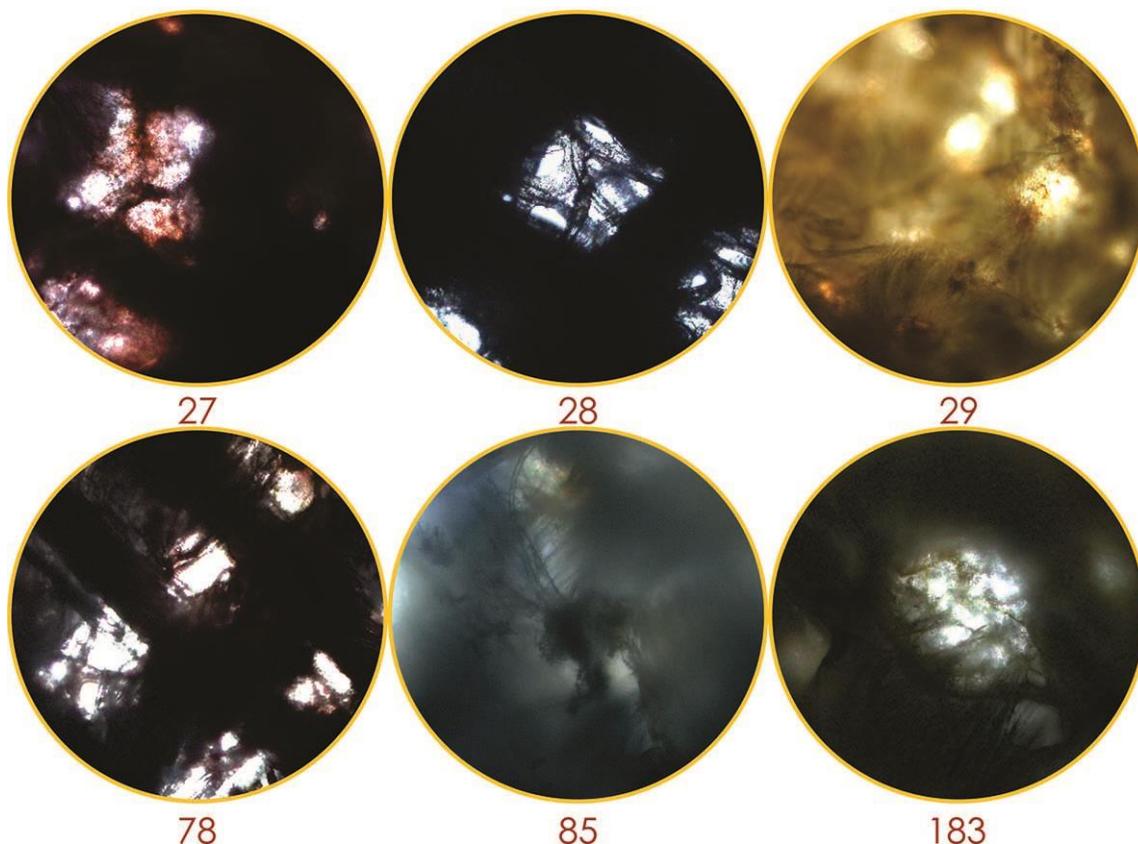
Abaixo, na figura 45, temos as amostras de cambraia do experimento TOP dos vários isolados.

Pode-se perceber que como a construção da cambraia, com fios muito próximos e os fios pouco torcidos, as imagens mostram com certa

dificuldade os isolados, que ficam mais fáceis de serem percebidos e localizados em sua maioria entre os fios, tendo em sua maior parte a forma de espirais abertas, com exceção do isolado G27.

As imagens de microscopia também nos auxiliam a ver as cores dos pigmentos produzidos pelos isolados.

### MICROSCOPIA CAMBRAIA

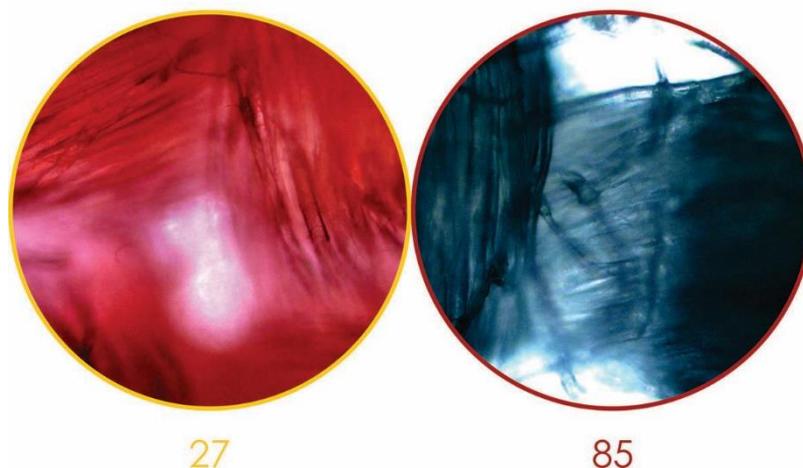


**Figura 45.** Microscopia óptica dos isolados com aumento de 200X no tecido cambraia.

Analisando especificamente o linho, sendo este o tecido que obteve a melhor coloração com os isolados G27 e G85, o mesmo apresenta fibras muito grossas, sendo também difícil a visualização dos microrganismos (figura 46).

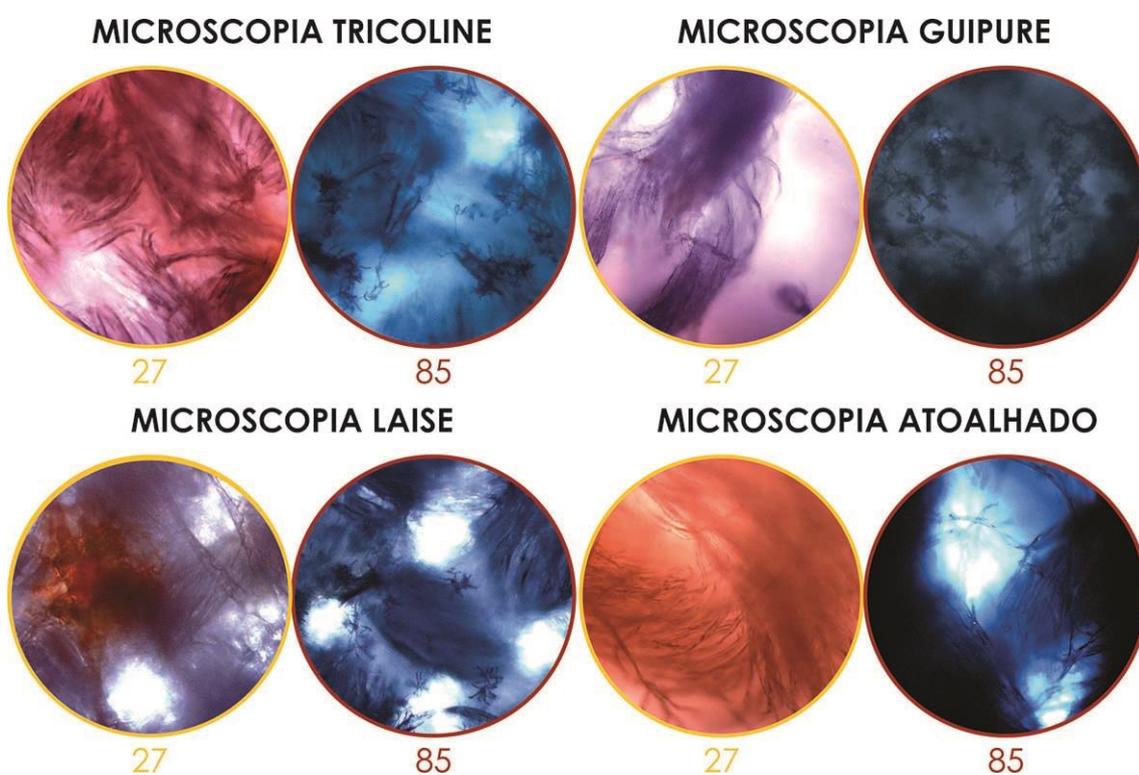
Já nos outros tecidos de algodão (figuras 47 e 48), com exceção do atalhado, que é muito texturizado, fica muito mais fácil de ver as actinobactérias, principalmente no isolado G85, caracterizado por pequenos grupos escuros com várias espirais unidas.

### MICROSCOPIA LINHO



**Figura 46.** Microscopia óptica dos isolados G27 e G85 com aumento de 200X no tecido linho.

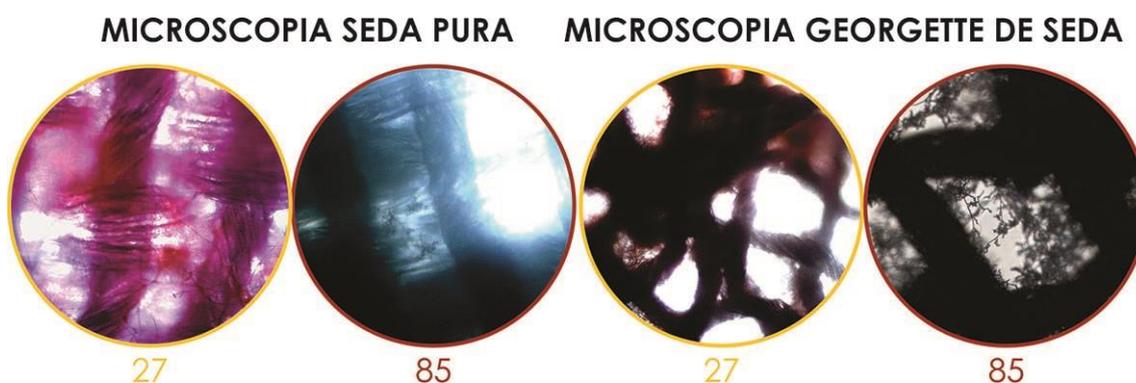
Pode-se ver também que a localização destes isolados fica entre os fios, sendo esta uma possível região de fixação do microrganismo. Evidencia-se mais claramente a coloração avermelhada do corante do isolado G27, e apesar da coloração do isolado G85 aparecer como azulada, a cor vista no tecido a olho nu é um verde acinzentado.



**Figura 47.** Microscopia óptica dos isolados G27 e G85 com aumento de 200X nos tecidos de composição 100% algodão.



E finalmente os tecidos de seda, que apresentam fios muito mais finos e leves, principalmente a georgette de seda, apresenta claramente no isolado G85 sua morfologia espiralada. A facilidade de visualização na georgette também se dá devido à baixa torção dos fios e ao maior espaçamento entre os fios (figura 49).



**Figura 49.** Microscopia óptica dos isolados G27 e G85 com aumento de 200X nos tecidos de composição 100% seda.

## 2.6 Análise dos resultados

A melhor forma de efetuar a coloração de tecidos orgânicos com os isolados de actinobactéria se dá por meio de crescimento líquido sob agitação, ocorrendo dessa forma uma maior produção e concentração de pigmento, além do aumento do contato do corante com o tecido.

Em relação a cor dos pigmentos produzidos, aqueles que apresentaram maior saturação foram os isolados G27, G29 e G85, e em contraposição, o isolado JUA183 praticamente não apresenta coloração, produzindo apenas um tom de bege.

O processo de lavagem mostrou que apesar dos tecidos serem possíveis serem tingidos, é necessário um processo seguinte de fixação da cor, uma vez todos perderam coloração para a água durante a lavagem.

No tingimento dos tecidos em meio líquido sem agitação, os tecidos foram pouco corados, mas em algumas amostras ocorreu a formação de uma camada de sobrenadante, formada quase que inteiramente por esporos, muito frágil que não se mostrou firme após a secagem para a utilização no vestuário.

Dos processos de tingimento em placa de Petri, o mais eficiente é a coloração aplicando-se a actinobactéria sobre o tecido. Porém nesse teste (TOP) temos uma excelente coloração apenas em um dos lados do tecido, mostrando-se assim ineficiente para utilização na indústria têxtil.

Analisando-se uma diversidade maior de amostras de tecidos, aquele que melhor pigmenta são os que são constituídos de linho, seguidos pelos de algodão e seda. Desta forma, o linho será utilizado para testes futuros, assim como a tricoline que mostrou uma boa associação com os isolados G27 e G85.

Para a análise da morfologia dos isolados, a georgette de seda, por apresentar fios mais finos e espaçados, é um tecido ideal para o emprego da técnica. A tricoline também é indicada para os próximos testes, tanto pela espessura que facilita a visualização no microscópio óptico, como para a verificar as estruturas celulares entre os fios de algodão do tecido.

3.

LABORATÓRIO DE SUPERFÍCIE

### **3. LABORATÓRIO DE SUPERFÍCIE**

Esse laboratório contempla os testes de criação de estamparia com utilização da bactéria em tecidos orgânicos por meio da técnica de estêncil. Foram realizados também vários métodos de crescimento em meio de cultura sólido, primeiramente com desenhos simples e posteriormente com desenhos mais complexos e figurativos.

Em um primeiro momento foram criados dois desenhos durante esse laboratório apenas a título ilustrativo. Alguns dos resultados obtidos levaram a criação de peças de vestuário para demonstração da utilização dos tecidos tingidos e das estampas.

Nas primeiras estampas foi testada a técnica de inoculação do microrganismo em meio de cultura sólido, com (experimento A) e sem (experimento B) a presença do tecido percal 200 fios, com composição 100% algodão. Um segundo experimento (C) foi realizado para testar a possibilidade de utilização de desenhos mais complexos para a estamparia. Os tecidos que tiveram melhor resultado foram submetidos a lavagem e passagem para avaliar a fixação da estampa no tecido.

Para iniciar os experimentos, a partir do pré-inóculo realizado anteriormente, foram feitas inoculações em placas de petri de 150 milímetros (mm) de acordo com descrições abaixo.

#### **3.1 Meio sólido com tecido**

No experimento A, as placas inoculadas apresentavam quatro camadas consecutivas de materiais. A primeira camada correspondia a 40 mL do meio ISP-3 sólido com 1,6 % de ágar, a segunda por um círculo de 140 mm de diâmetro do tecido Percal 200 fios (100% algodão), a terceira por uma nova camada de 5 mL do meio ISP-3 sólido com 0,7% de ágar, e a última camada por um acetado estéril de 140 mm de diâmetro, vazado com formatos de quadrados e estrelas, recortado com o auxílio de um furador de papel, conforme pode ser visualizado na figura 50.



**Figura 50.** Camadas da placa do experimento A.

Após a preparação das placas, 1 mL de cada uma das seis linhagens foi inoculado com o auxílio de uma alça de drigalski sobre o acetato. O ensaio foi realizado em duplicata. Essas placas foram cultivadas durante 7 dias à 37°C (figura 51).



**Figura 51.** Processo de inoculação com alça de drigalski do experimento A.

Quando crescidas, as amostras do experimento A, passaram por um processo de secagem, onde foi retirado o acetato, descartado o meio de cultura, e o tecido percal com a estampa/colônia de

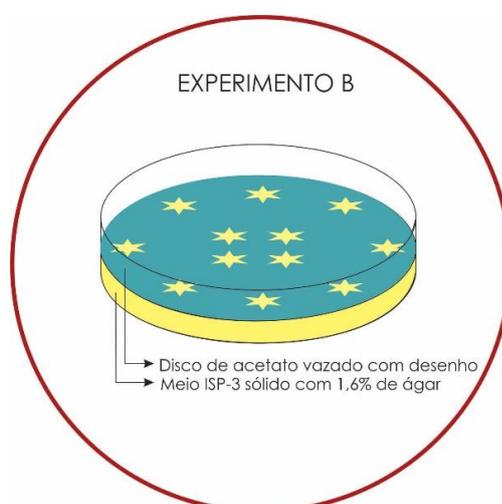
actinobactéria foi submetida a secagem de 24 horas entre duas camadas de tecido de algodão em estufa à 40°C.

Depois de secas, as amostras do experimento A, que tiveram melhor resultado, foram cortadas ao meio e uma metade submetida a lavagem durante 1h em erlenmeyer contendo 100 mL de água destilada e 5 mL de detergente neutro, sob agitação de 100 rpm. As amostras lavadas foram enxaguadas em água destilada e secadas à sombra. Depois de secas, as estampas foram passadas com o auxílio de ferro de passar doméstico sem vapor à 200°C.

### 3.2 Meio sólido sem o tecido

As inoculações das placas no experimento B, se deram desta vez sem a utilização do disco de tecido e a partir do mesmo pré-inóculo utilizado no experimento A. Depois de crescido o microrganismo no formato da estampa, tentou-se transferir a estampa do meio de cultura para discos de tecido de algodão por meio da utilização de água destilada e secagem em estufa.

Assim, as placas do experimento B apresentavam apenas duas camadas, sendo a primeira com 40 mL do meio ISP-3 sólido com 1,6 % de ágar e a segunda com um acetato estéril de 140 mm de diâmetro, vazado com formatos de quadrados e estrelas, recortado com o auxílio de um furador de papel (figura 52).



**Figura 52.** Camadas da placa do experimento B.

Após crescidas, as amostras do experimento B, tiveram o acetato retirado e o meio de cultura com a estampa/colônia de actinobactéria foi secada em contato com um círculo de 140 mm de diâmetro do tecido Percal 200 fios (100% algodão) embebido em água destilada, entre duas camadas externas do tecido em estufa à 40°C durante 24h. A placa com aplicação de percal para transferência de estampa pode ser conferida na figura 53.



**Figura 53.** Processo de transferência da estampa da linhagem G85 para o percal embebido em água destilada.

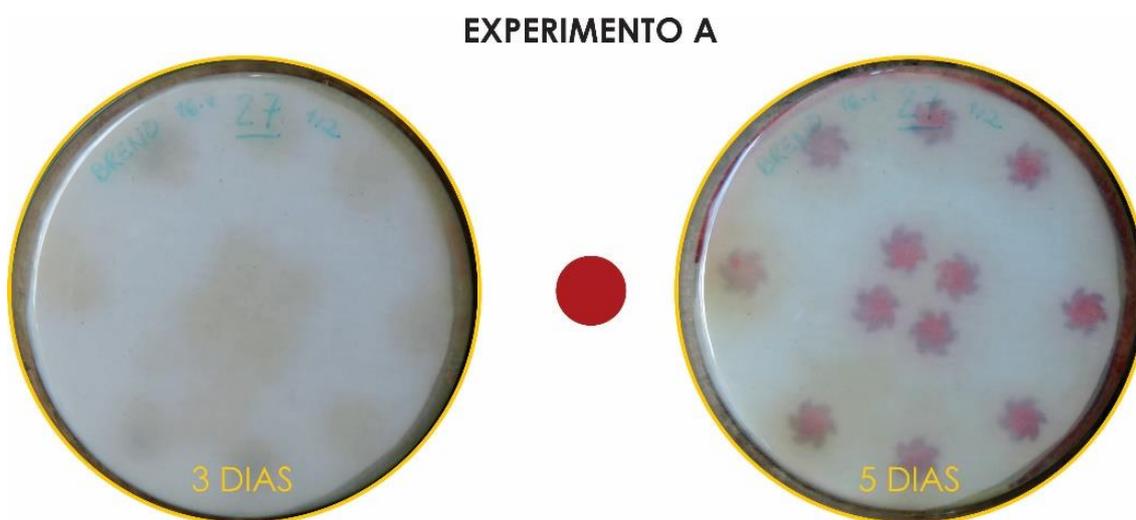
### **3.3 Estamparia figurativa**

Por último, o experimento A foi repetido, com as duas linhagens que deram melhores resultados (G27 e G85) originando o experimento C. Desta vez utilizou-se o mesmo método do experimento A, mas com placas de petri de 90 mm de diâmetro, círculos de cambraia (100% algodão) de 80 mm de diâmetro, discos de decupagem de acetato com desenhos figurativos e estampas com maior detalhamento com 80 mm de diâmetro. As amostras foram crescidas durante somente 5 dias.

### **3.4 Resultados**

Após a inoculação das bactérias, o crescimento foi observado com 3, 5 e 7 dias. Pode-se verificar que ocorreu um grande crescimento

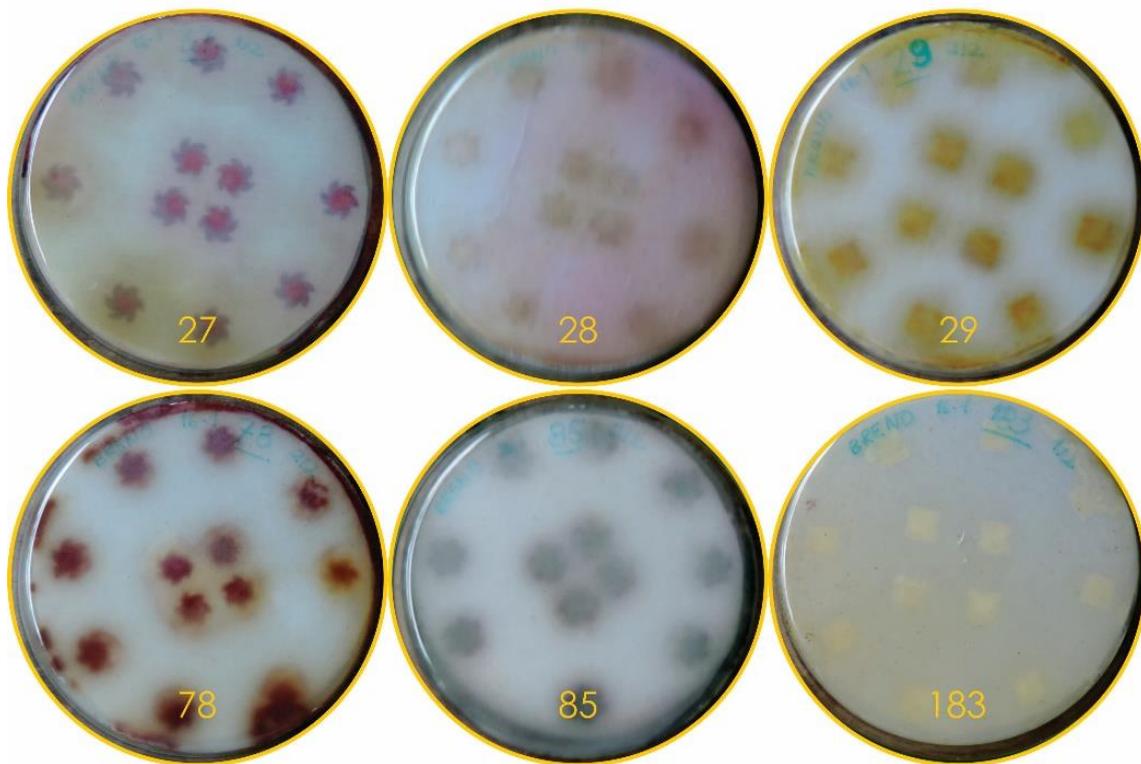
do terceiro para o quinto dia (figura 54), no entanto, após o quinto dia o crescimento da estampa se estabiliza, não ocorrendo consideráveis mudanças na cor e nem na morfologia da estampa/colônia, sendo assim necessário apenas 5 dias para o crescimento da bactéria nas condições determinadas de temperatura a 37°C.



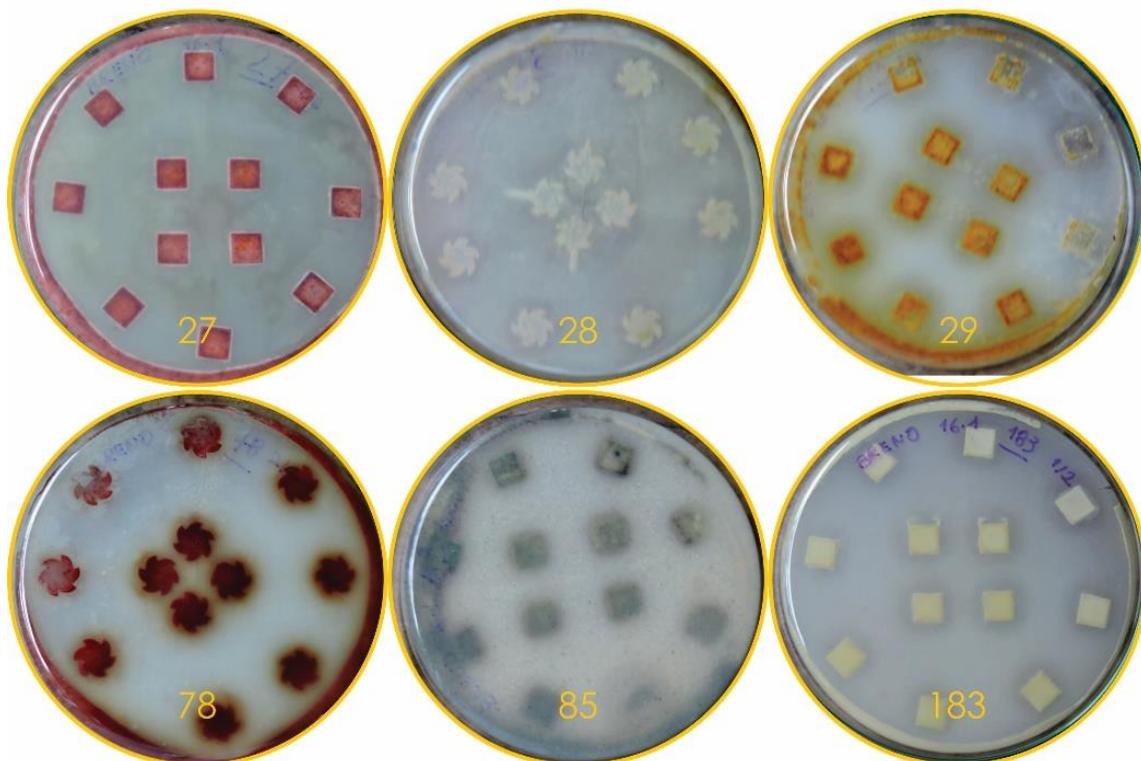
**Figura 54.** Comparação do tempo de crescimento e morfologia da estampa de 3 para 5 dias da linhagem G27 no experimento A.

Comparando-se o crescimento das bactérias no experimento A e B, verificamos que não existe diferença na estampa em termos de morfologia e coloração, se o material é inoculado juntamente com o tecido ou não, provavelmente pela permeabilidade do tecido e pela camada fina de meio de cultura depositada sobre o tecido como pode ser visualizado nas figuras 55 e 56. A coloração apenas aparenta ser mais forte no experimento B devido à ausência do tecido, que torna a fotografia mais opaca.

No experimento A verificamos que as linhagens G27 e G85 apresentaram melhor desenvolvimento das estampas, assim como melhor crescimento e coloração mais sólida, como pode ser analisado em detalhe na figura 57.

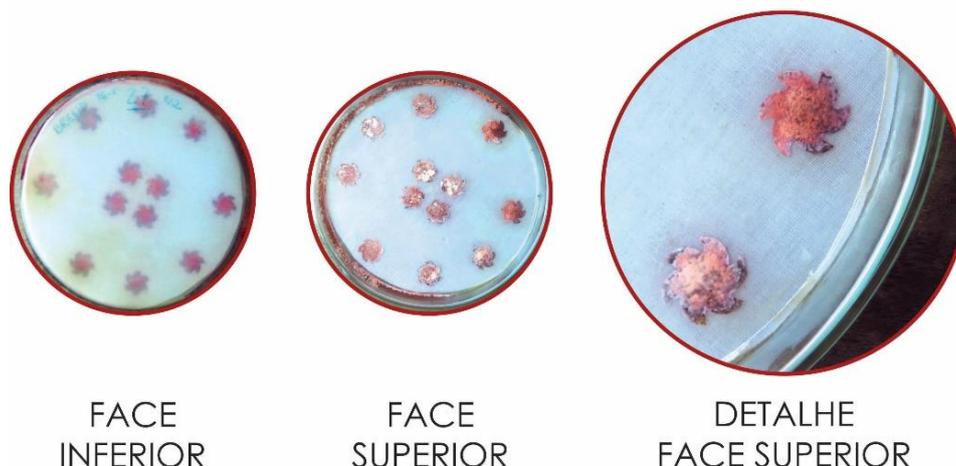
**EXPERIMENTO A**

**Figura 55.** Morfologia da estampa/colônia de todas as 6 linhagens com 7 dias de crescimento no experimento A.

**EXPERIMENTO B**

**Figura 56.** Morfologia da estampa/colônia de todas as 6 linhagens com 7 dias de crescimento no experimento B.

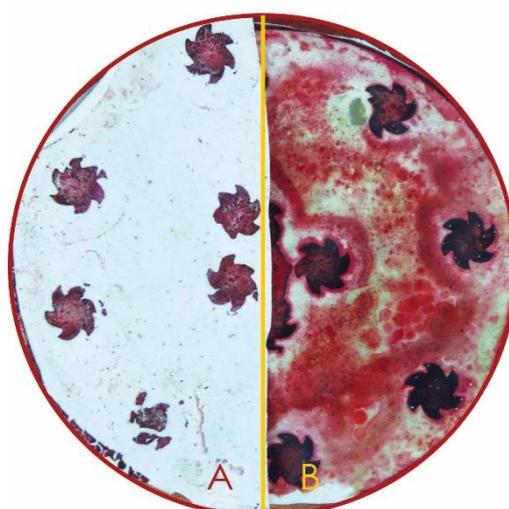
### EXPERIMENTO A - LINHAGEM G27



**Figura 57.** Detalhe da estampa/colônia produzida pela linhagem G27, experimento A.

O maior sucesso foi obtido com o experimento A, principalmente devido ao processo de secagem. Enquanto no experimento A, é possível retirar o tecido com apenas uma fina camada de meio de cultura, o experimento B precisa ser necessariamente secado com todo o volume do meio de cultura, o que torna o tecido cheio de impurezas e muito denso. Após a secagem no experimento A, a estampa adere ao tecido, enquanto no experimento B a estampa fica ainda aderida ao meio de cultura e é perdida em uma camada sobreposta ao tecido, o que pode ser visto na figura 58 da linhagem G27.

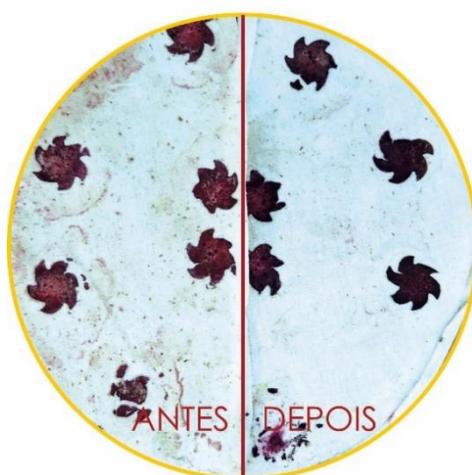
### EXPERIMENTOS



**Figura 58.** Comparação dos resultados dos experimentos A e B da linhagem G27, mostrando a limpeza e melhor resolução obtida no experimento A, e a grande quantidade de impurezas do meio de cultura no experimento B.

Durante o processo de lavagem dos tecidos e estampas resultantes do experimento A, uma certa quantidade de pigmento proveniente da estampa foi liberada na água, o que não trouxe prejuízo a estampa que permaneceu no mesmo tom, retirando apenas do tecido as impurezas. Neste processo, a estampa se torna frágil, no entanto não é danificada como se vê na figura 59 que compara os tecidos antes e após a lavagem da estampa produzida com a linhaagem G27.

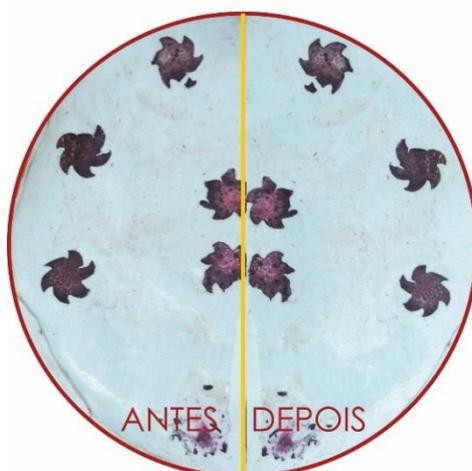
#### LAVAGEM EXPERIMENTO A



**Figura 59.** Estampa do experimento A antes e após lavagem.

Já após a secagem à sombra, o tecido foi passado com ferro doméstico e a estampa também não sofreu qualquer alteração tanto quando passado o ferro sobre o tecido como no avesso do tecido, como visualizado na figura 60 na estampa da linhaagem G27.

#### PASSAGEM EXPERIMENTO A



**Figura 60.** Estampa do experimento A antes e após a passagem.

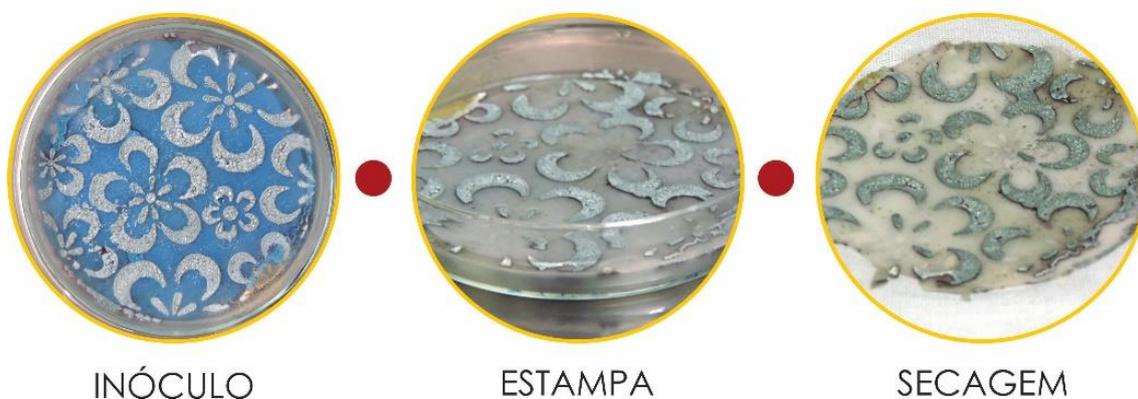
No experimento C, repetidas as condições ideais obtidas com o experimento A com as linhagens G27 e G85, visualiza-se que é possível fazer as estampas se utilizando um acetado cortado com figuras mais complexas, obtendo-se diferentes desenhos ainda com bons resultados conforme pode ser observado nas figuras 61 e 62, que apresentam as placas inoculadas, as estampas obtidas e os tecidos prontos para secagem.

A mudança de tecido não trouxe nenhuma alteração significativa ao experimento, provavelmente por se tratar ainda assim de um tecido 100% algodão.

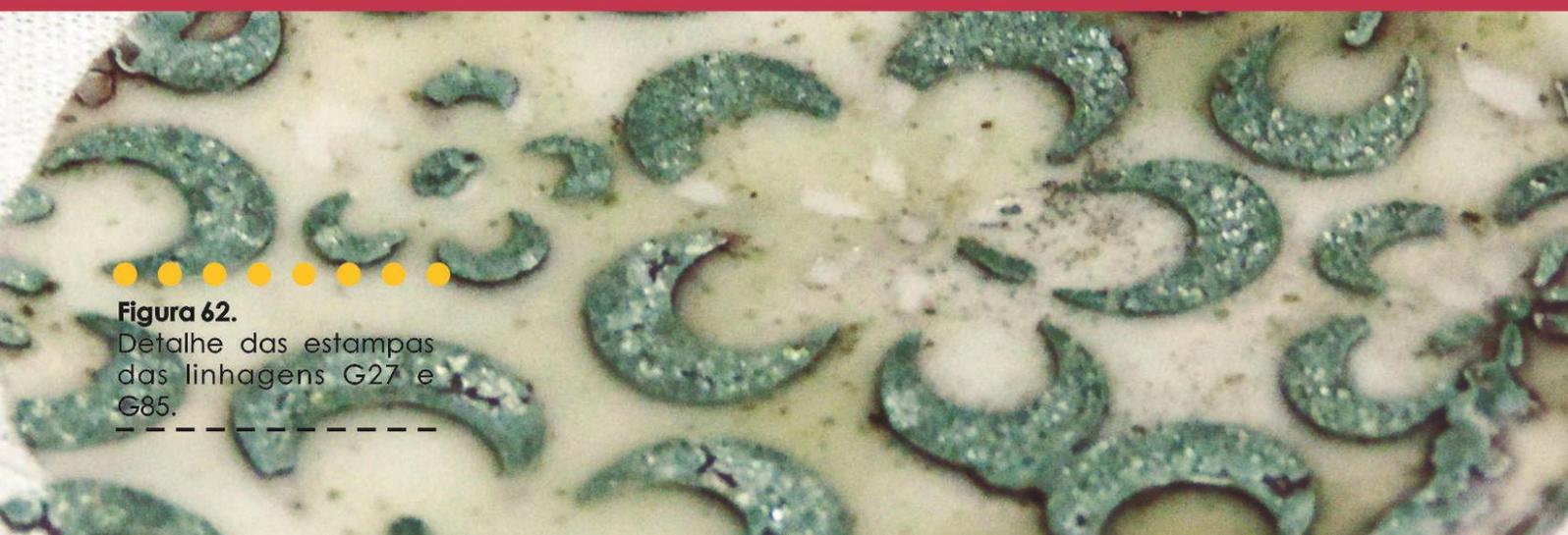
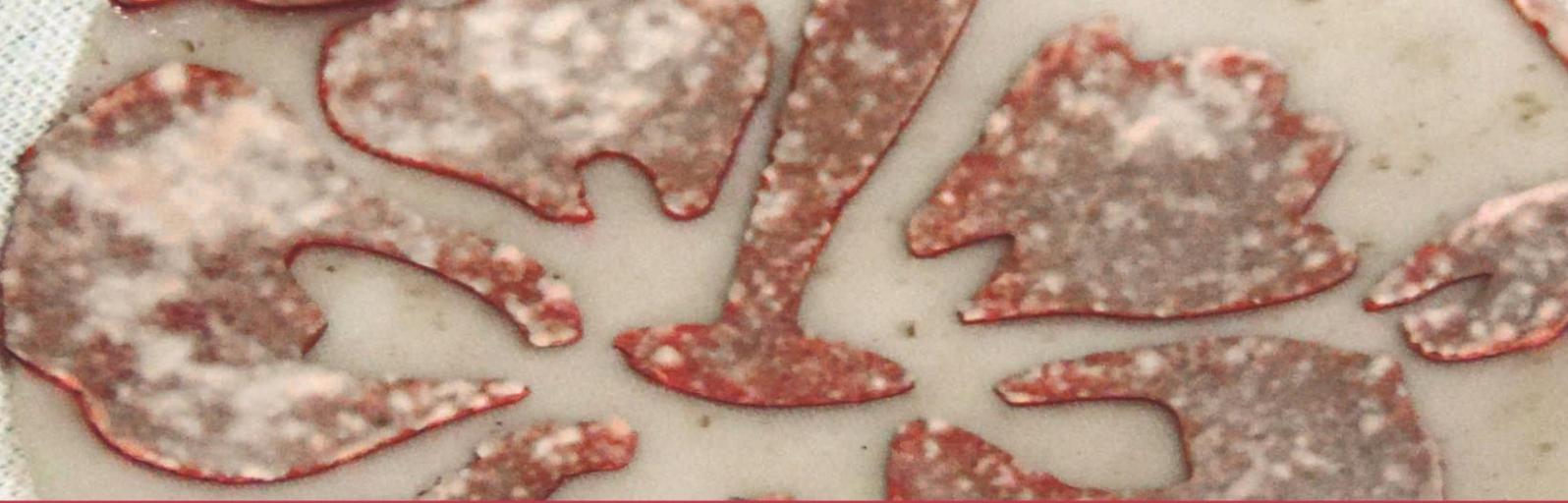
#### EXPERIMENTO C - LINHAGEM G27



#### EXPERIMENTO C - LINHAGEM G85



**Figura 61.** Inóculo, estampa e secagem das linhagens G27 e G85 realizadas durante o experimento C, onde foram realizadas estampas com maior quantidade de detal



●●●●●●●●●●  
**Figura 62.**  
Detalhe das estampas  
das linhas G27 e  
G85.

---

### 3.5 Análise dos resultados

Verificou-se que é possível a produção de estampas pelo método de estêncil utilizando-se como matéria prima no lugar da tinta, algumas linhagens de actinobactéria. Das linhagens utilizadas, as que apresentaram melhores resultados tanto em termo de morfologia como aderência e resolução foram as linhagens G27 e G85.

O processo ideal de secagem para a obtenção de estampas com menor número de impurezas se dá quando o inóculo é realizado já utilizando o tecido aderido ao meio de cultura, obtendo-se estampas mais limpas e com melhor resolução e aderência.

Após a produção da estampa, o processo de lavagem e passagem dos tecidos não danificou nem modificou a coloração nem a forma das estampas, sendo possível serem realizadas com sucesso.

As estampas obtidas com formas mais complexas também foram possíveis, independentemente do tecido utilizado como base, desde de que realizados nas condições ideais de crescimento, contando com duas camadas de meio de cultura com diferentes concentrações de ágar.

O presente trabalho pode ser utilizado futuramente em processos industriais de obtenção de estampas localizadas no design de superfícies desde que o método de obtenção das mesmas seja ajustado a um processo de produção em série.

Os próximos passos da pesquisa direcionam-se ao estudo de melhores técnicas de fixação da estampa após a lavagem, tornando-a mais durável. Também é de nosso interesse investigar a extração dos pigmentos produzidos por estas linhagens de actinobactéria para utilização em tintas de serigrafia ou estampa digital.

Além disso, é salutar analisar a interação entre a estampa e a pele do usuário para verificar se existe algum tipo de reação alérgica na pele, e promover a caracterização morfológica e microscópica do microrganismo e fazer a conferência da patogenicidade.

4.

LABORATÓRIO DE APP

#### 4. LABORATÓRIO DE APP<sup>4</sup>

O presente capítulo tem como objetivo fazer experimentos estéticos a partir do material resultante dos laboratórios de cor e superfície, assim como ilustrar os conceitos trabalhados ao longo do referencial teórico, tentando outras formas de representação do tema.

A primeira ilustração criada para o projeto, ainda quando buscava-se formar o objetivo geral da pesquisa, mostra a união entre referências do universo da moda e da biologia, levando o nome da pesquisa “BioStudio” (figura 63). O desenho apresenta uma dualidade de cores e formas, orgânicas e geométricas, reforçando os princípios de associação entre algo futurista e o mundo natural.

A geometrização e a utilização de formas mais limpas, muito utilizado nos anos 60, tem uma aparência que remete ao produto industrializado, menos orgânico e repetitivo, muito utilizado ao longo da dissertação na inserção de imagens.

As formas redondas, principalmente, estão presentes em quase todas as estruturas biológicas, do macro ao micro, desde as secções de raízes as formas das células animais e bacterianas, estruturas de organelas e representação de moléculas.

Já as linhas fluidas que vão da trama do tecido, as formas das roupas, e aos elementos da natureza, por analogia, atribuem a ilustração delicadeza, suavidade, movimento, naturalidade. Essas características são essenciais para o desenvolvimento e norte das estampas criadas para o trabalho.

Logo em seguida, com alguns experimentos realizados, fica mais claro a união de fibras, de linhas, de raízes e bactérias filamentosas, formando uma única trama no projeto. Para ilustrar a utilização das actinobactérias provenientes do solo e sua união com a fibra do tecido, foi criado um desenho onde os fios do tecido e as actinobactérias se integram formando um todo. Fios e o rizoma se unem dando origem as estampas biológicas (figura 64).

---

<sup>4</sup> APP aqui tem como ideia um laboratório de aplicações estéticas.





Outra característica importante e que surge nessa ilustração são as pinturas manchadas. Como o tingimento utilizando as bactérias diretamente sobre o tecido é difícil de ser controlado, a coloração dos tecidos acaba ficando não uniforme, aleatório e com aspecto manchado, bem natural e que lembra os *tie dyes* e *batiks* dos anos 70, muito utilizado pela moda do período, principalmente em uma referência ao movimento hippie.

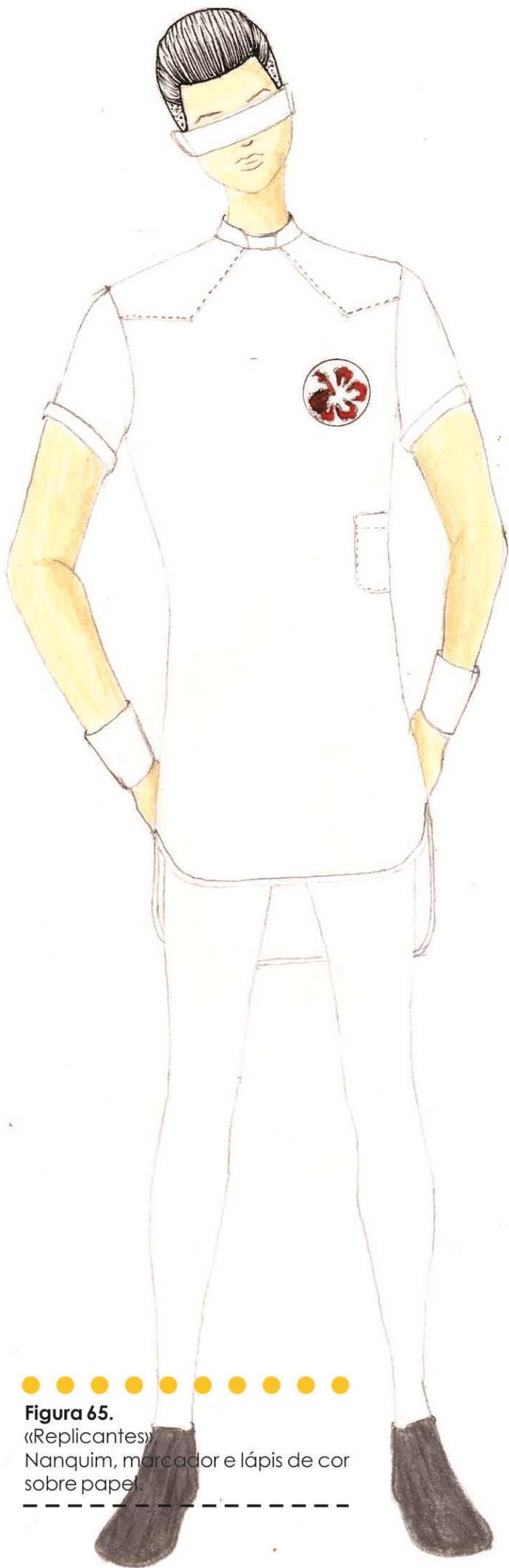
Esses manchados aparecem em quase a totalidade das estampas criadas, nas ilustrações e nas aplicações e estudos da forma. O manchado tem essa característica aleatória, não previsível, da proliferação das bactérias, além de ser muito mais livre e natural. São como nossas raízes, de crescimento imprevisível, tomando seu caminho pelas frestas do solo, sem uma direção definida, mas sempre para baixo, ou para cima, mas definitivamente para frente.

Esses caminhos, essas raízes, essas manchas, se iniciam pequenas, mas crescem por capilaridade, por geotropismo, por união com outras espécies, com simbioses que trazem cor e emoção a vida.

Após os tecidos estampados e tingidos serem lavados e passados, foram utilizados pontualmente para gerar peças de vestuário com um conceito futurista e contrastante com base biotecnológico com a utilização de linhas retas e círculos.

Essas peças tentam sintetizar alguns conceitos relacionados as bactérias, como a replicação e criação de cópias a partir de um único indivíduo, gerando uma sequência de clones. Com isso foram gerados croquis idênticos denominados "Replicantes", com um aspecto limpo, geometrizado, e limpos, mas que são coloridos pelas estampas e tecidos de bactérias (figura 65).

Foram realizadas também fotos com as peças criadas, que apresentam um aspecto limpo, com o uso de filtros geometrizados e dupla exposição, reforçando a sensação de futurismo e a união entre o orgânico e o automatismo mecanizado (figuras 66 e 67).



**Figura 65.**  
«Replicantes»  
Nanquim, marcador e lápis de cor  
sobre papel.



**Figura 66.**  
Replicante 1.  
Moletom e estampa de  
actinobactéria.

---





**Figura 67.**  
Replicante 2.  
Fustão, seda, organza e tecido tingido com actinobactéria.

---

Após a obtenção das estampas, tecidos tingidos e fotografias do processo de produção e microscopia, uma série de estampas foram criadas digitalmente para materializar os conceitos traçados, imagens que tivessem características presentes desde a bactéria, suas, cores e texturas até a raiz, física e imaterial.

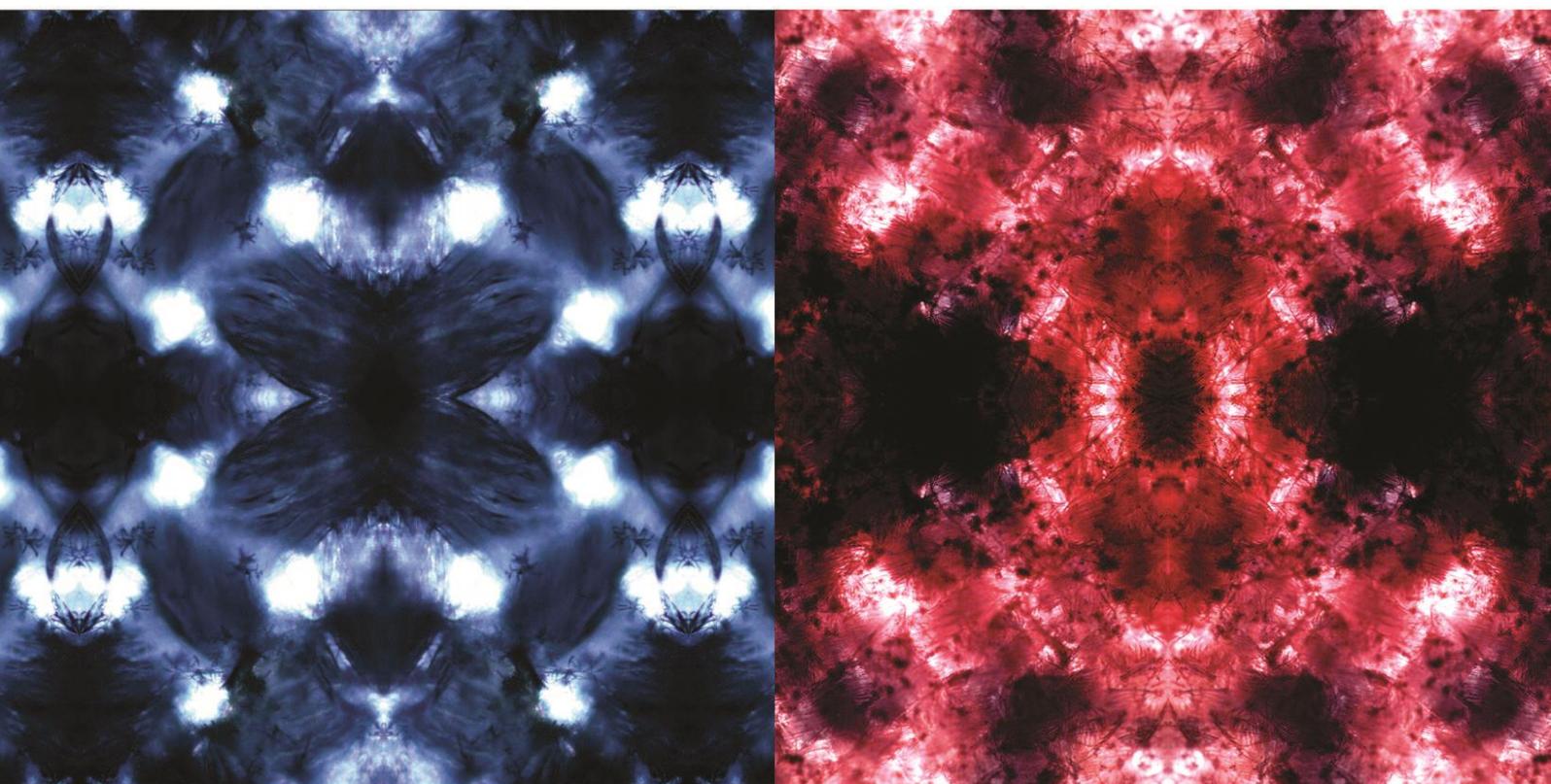
As primeiras estampas foram criadas a partir das fotografias de microscopia óptica dos tecidos tingidos, apresentando as próprias actinobactérias e a estrutura da trama do tecido. Essas imagens foram replicadas de forma a traçar um novo tecido, tramado digitalmente e unindo filamentos de algodão e de microrganismo (figura 68).

Em seguida, a textura atribuída pela bactéria foi mesclada a imagem de microscopia de uma secção transversal de uma raiz, expondo seus vasos. Essa textura bacteriana foi mesclada também a um desenho geometrizado, dando um aspecto caleidoscópico a estampa. (figura 69).

A referência a raiz também nos leva ao local de origem desta actinobactéria utilizada no projeto, a caatinga de Pernambuco. Assim, a representação da ilustração científica da flor do Mandacaru, típico desta região, se une ao microrganismo, formando uma estampa simbiótica. (figura 70). A própria raiz é mesclada com as actinobactérias, criando manchados, onde as texturas de cada um dos elementos são potencializadas (figura 71).

Foram explorados mais a fundo os manchados, em busca de formas assimétricas e irregulares, aparecendo aplicadas diretamente no tecido, ou por meio de borrões texturizados, algo como uma lembrança, vago, difícil de identificar, mas ao mesmo tempo real e colorido (figura 72).

Essas texturas borradas simulam também uma ideia de crescimento bacteriano livre, não calculado, natural, que começa como uma pequena mancha, que evolui e toma conta do tecido e expõe sua trama, até quase uma total dominação e tingimento (figura 73).



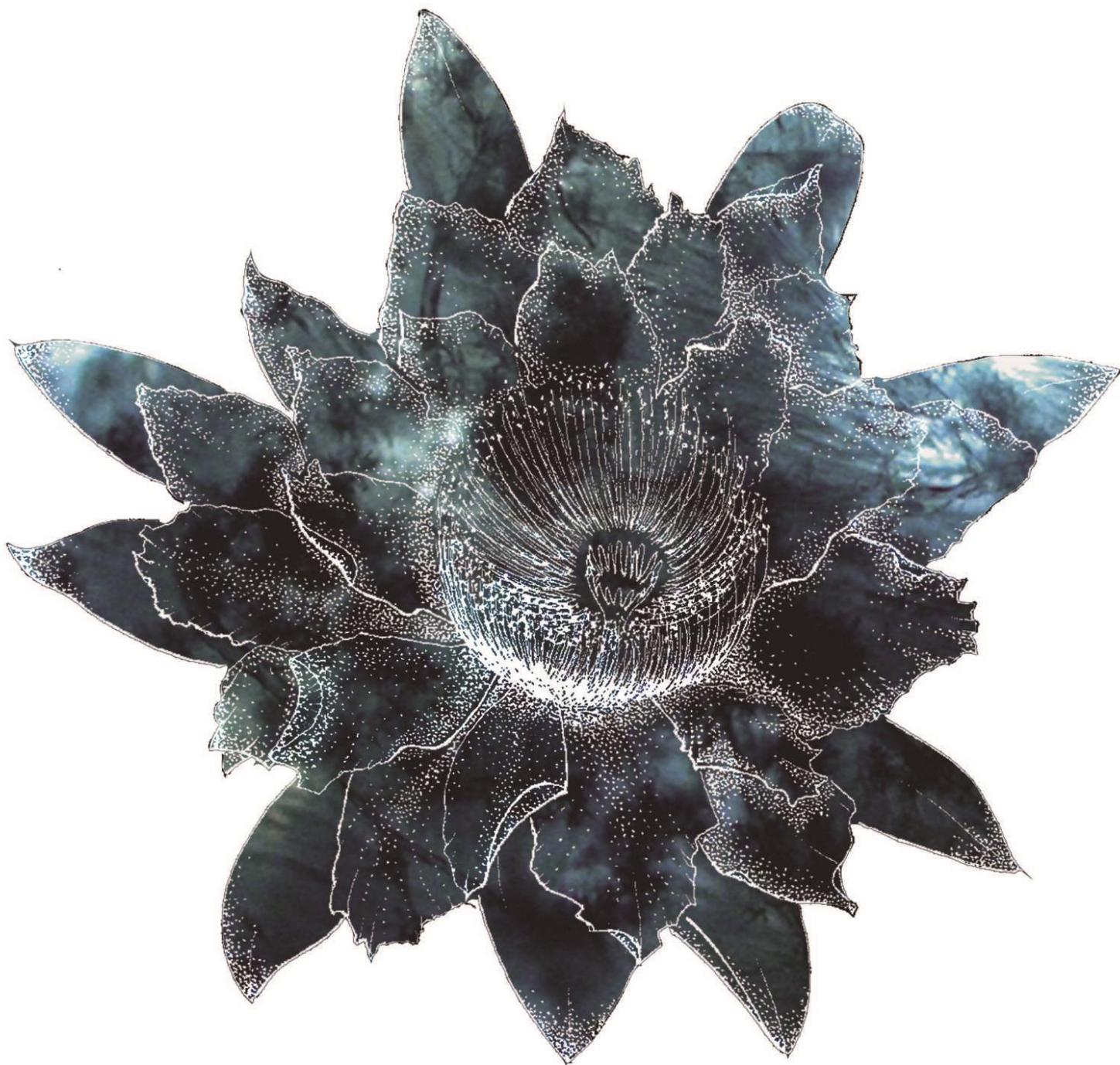
**Figura 68.**  
Entre fibras e bactérias.  
Estampa fotográfica.

---



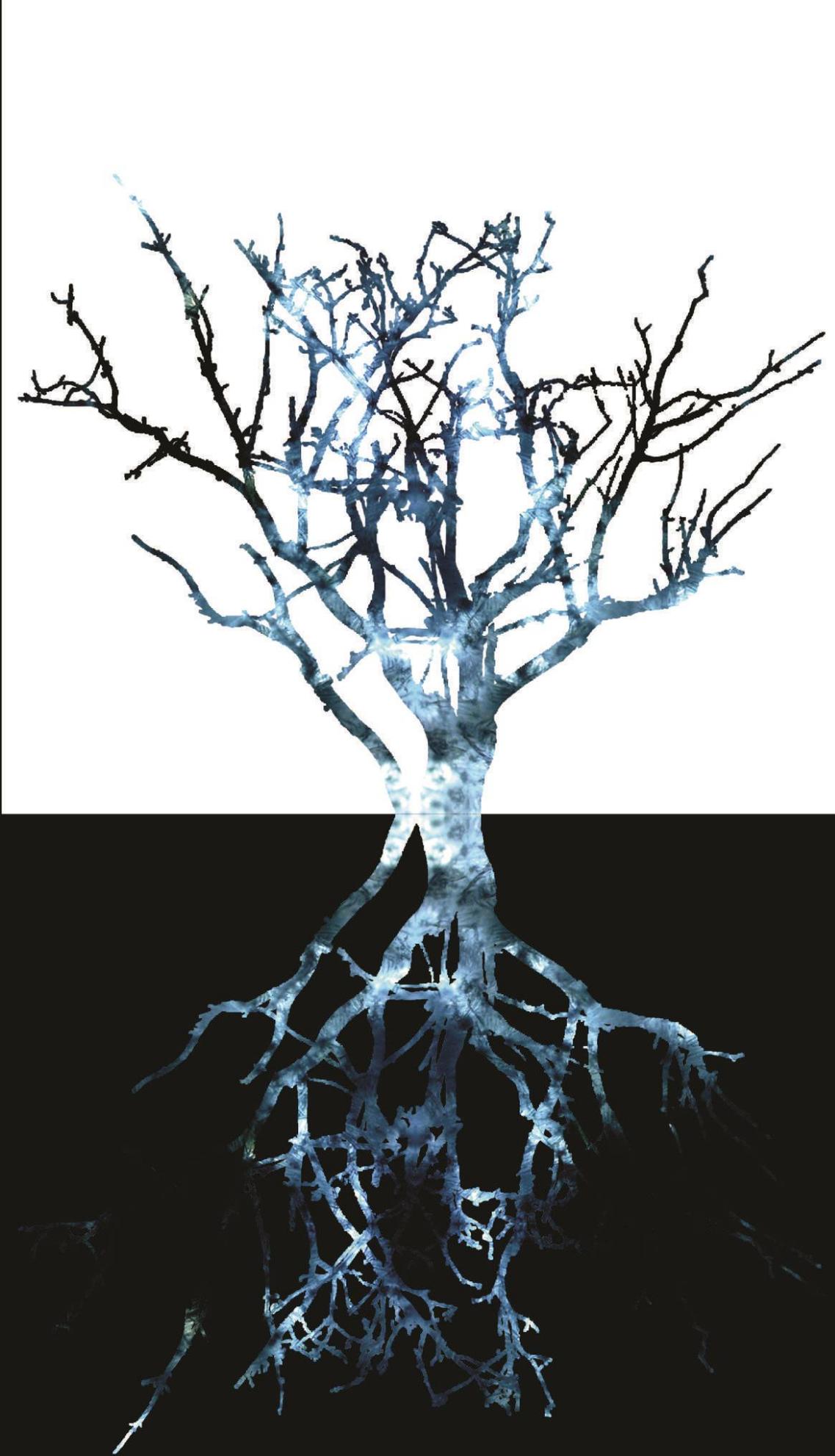
**Figura 69.**  
Raízes, bactérias e geometrismo.  
Estampa fotográfica.

---



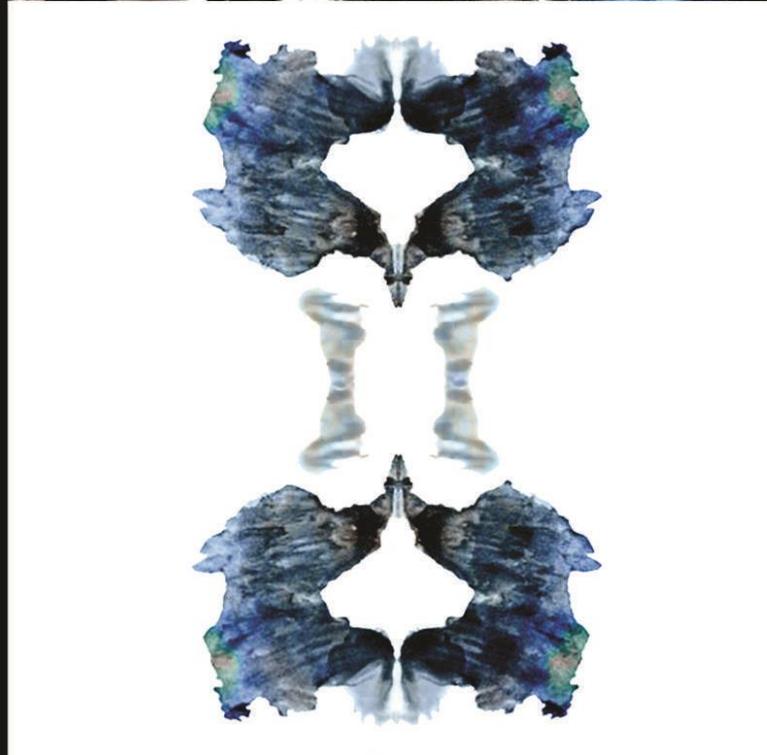
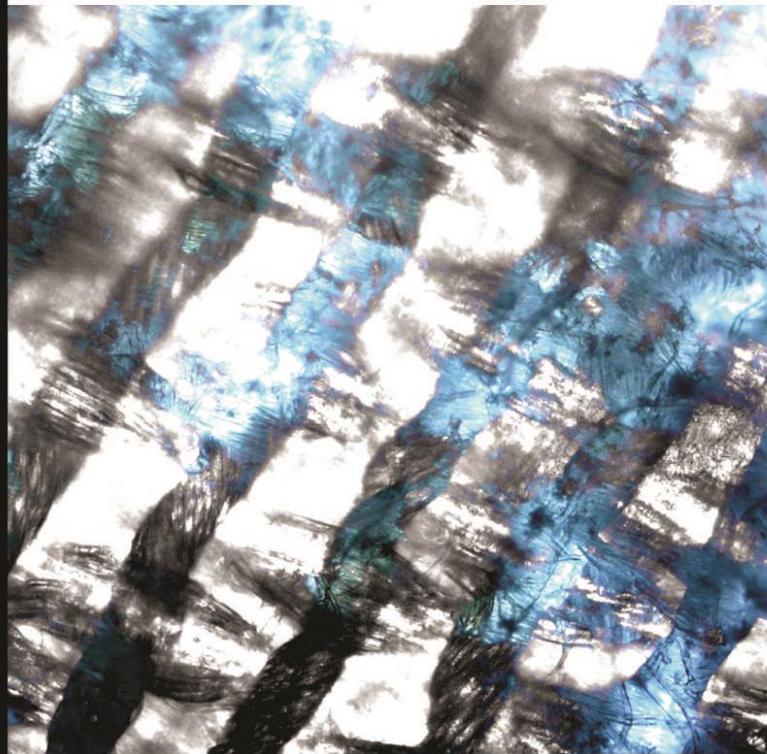
**Figura 70.**  
Simbiose da flor do Mandacaru  
com actinobactéria.  
Estampa fotográfica e nanquim.

---



**Figura 71.**  
Integração entre a raiz e a  
actinobactéria.  
Estampa fotográfica.

---



● ● ● ● ● ● ● ●  
**Figura 72.**  
Entre manchas e fibras.  
Estampa fotográfica.

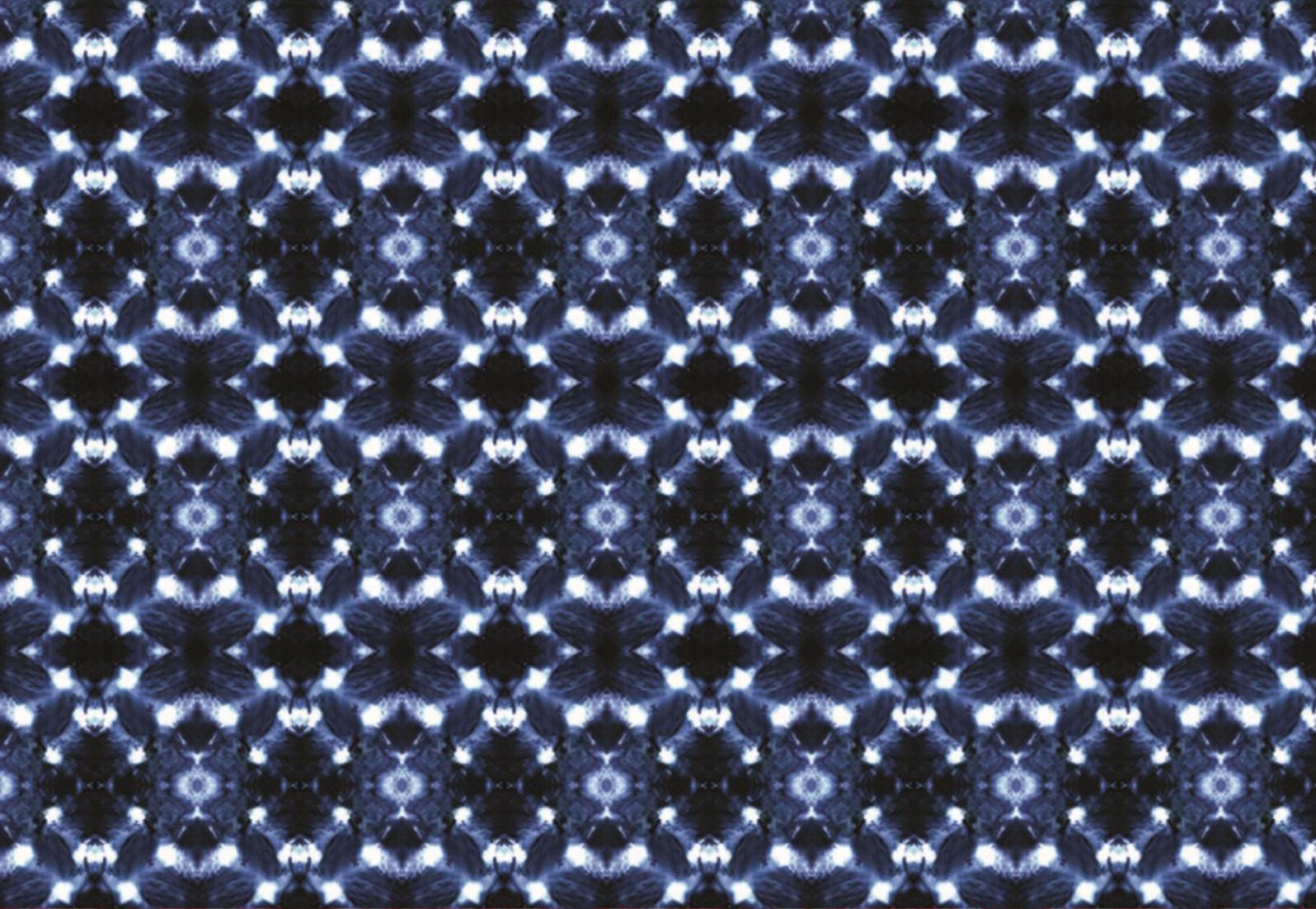
---



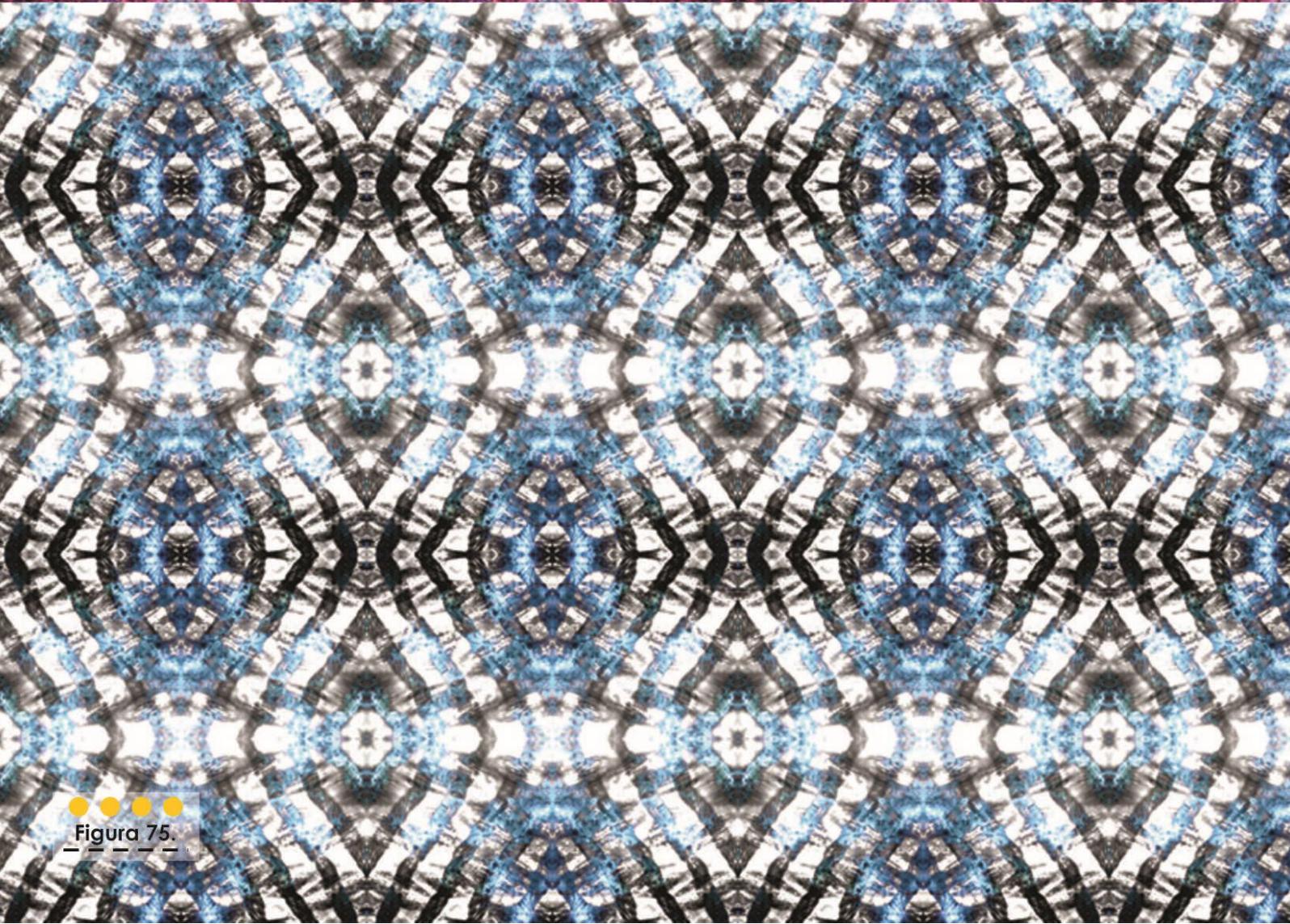
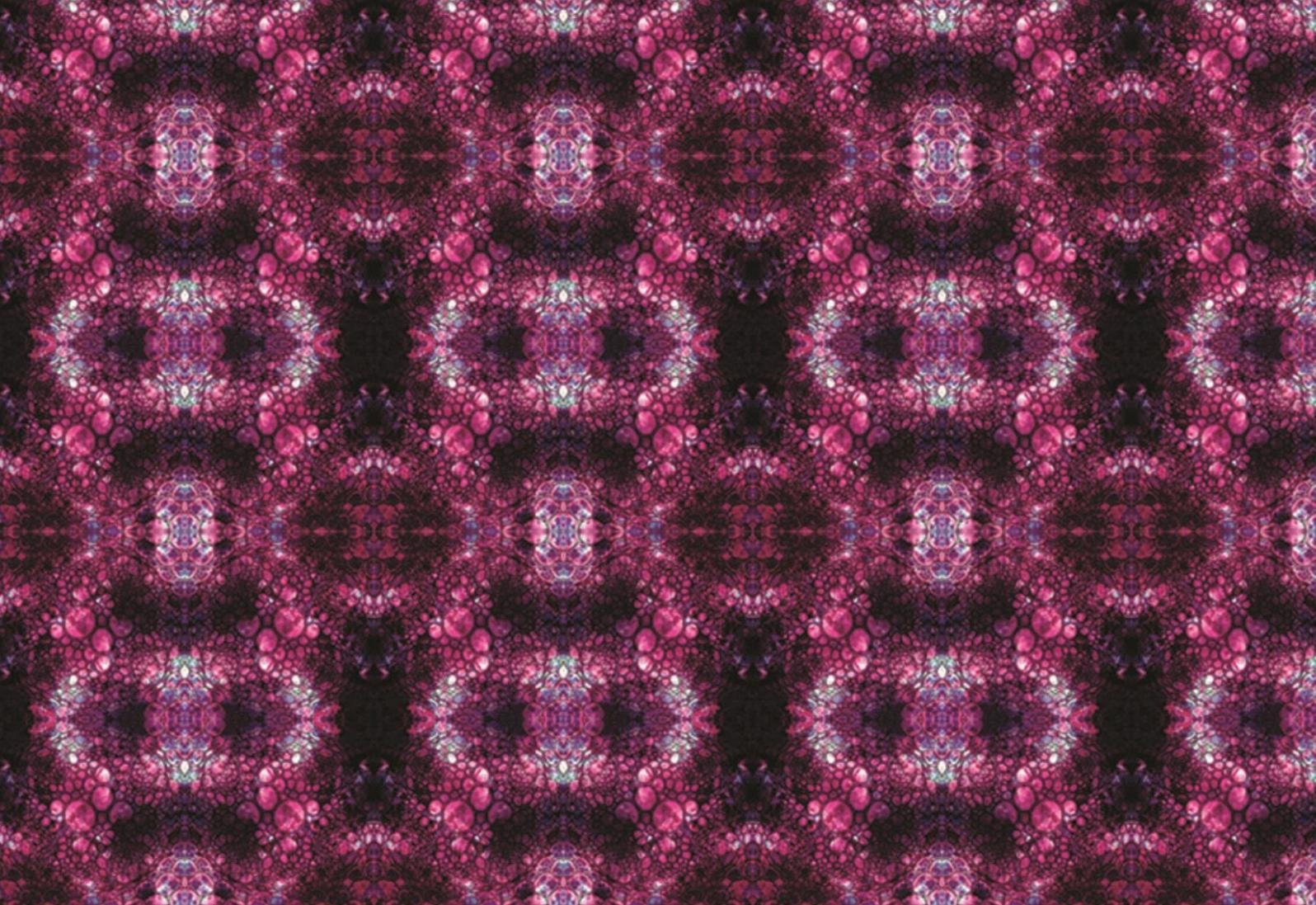
A seguir temos uma série de experimentos de repetição desses módulos criados para as estampas, multiplicando texturas no *rapport*, e a tentativa de criar uma estampa não modular, aleatória, e que produzisse recortes diferenciados quando utilizada (figuras 74 a 78).

Essas estampas fotográficas foram aplicadas, juntamente com as estampas do laboratório de superfície em imagens de peças do vestuário masculino para a visualização de sua utilização no produto final (figuras 79 a 82).

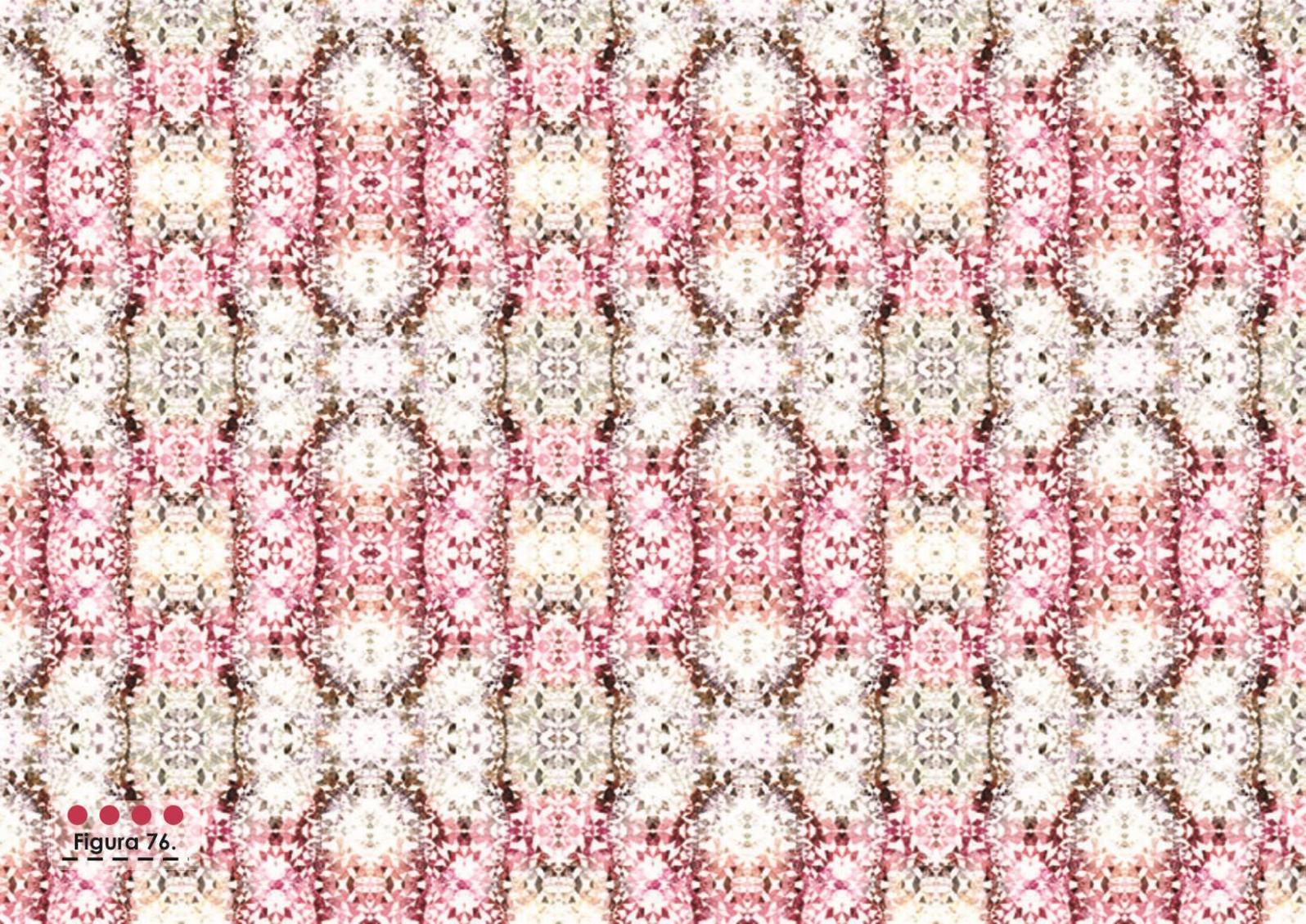
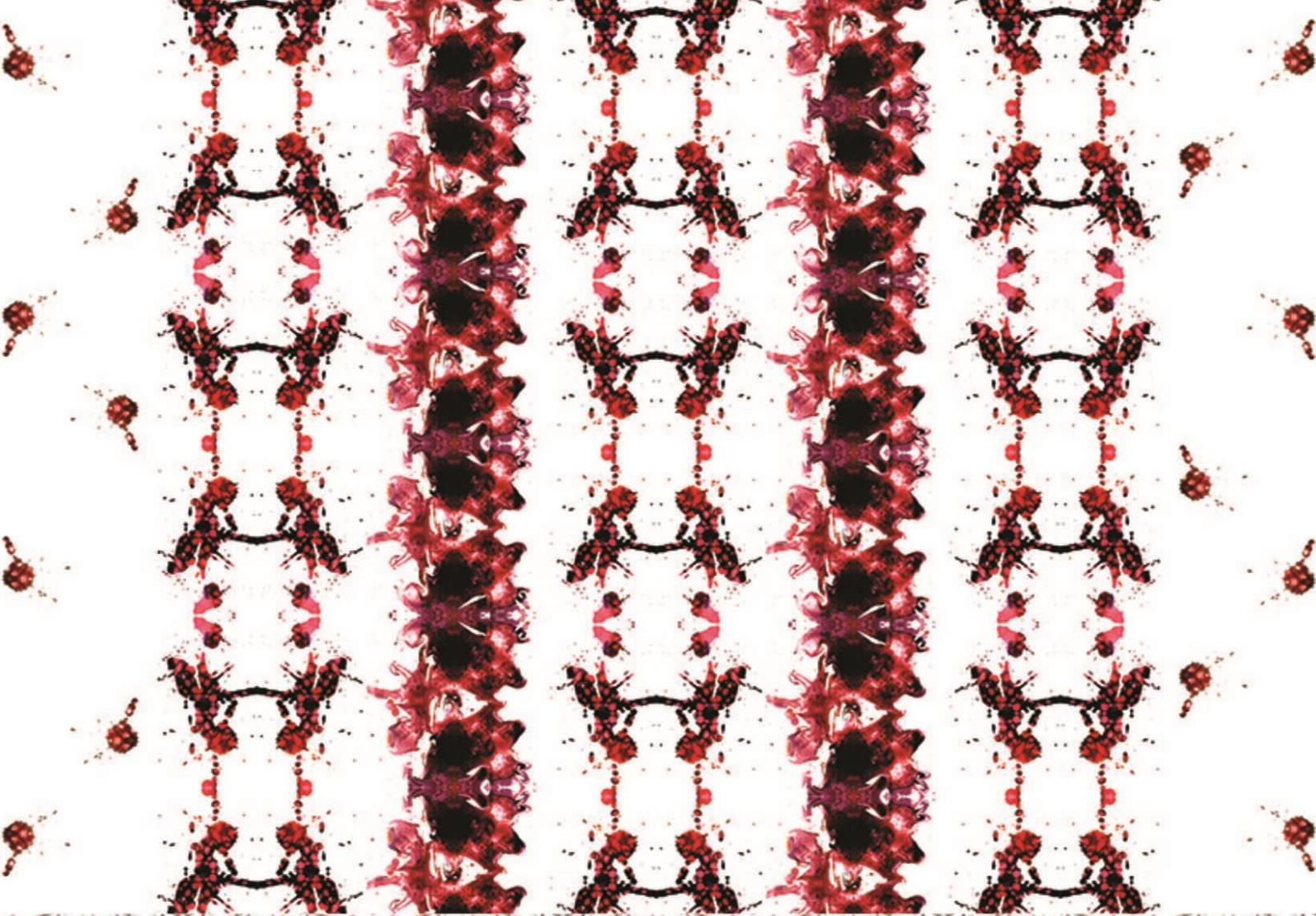
Foram realizadas também interações entre as bases dessas estampas com as imagens produzidas na série “replicante” unindo a estrutura do corpo com o conceito de raiz e as estruturas bacterianas. (figuras 83 a 86).



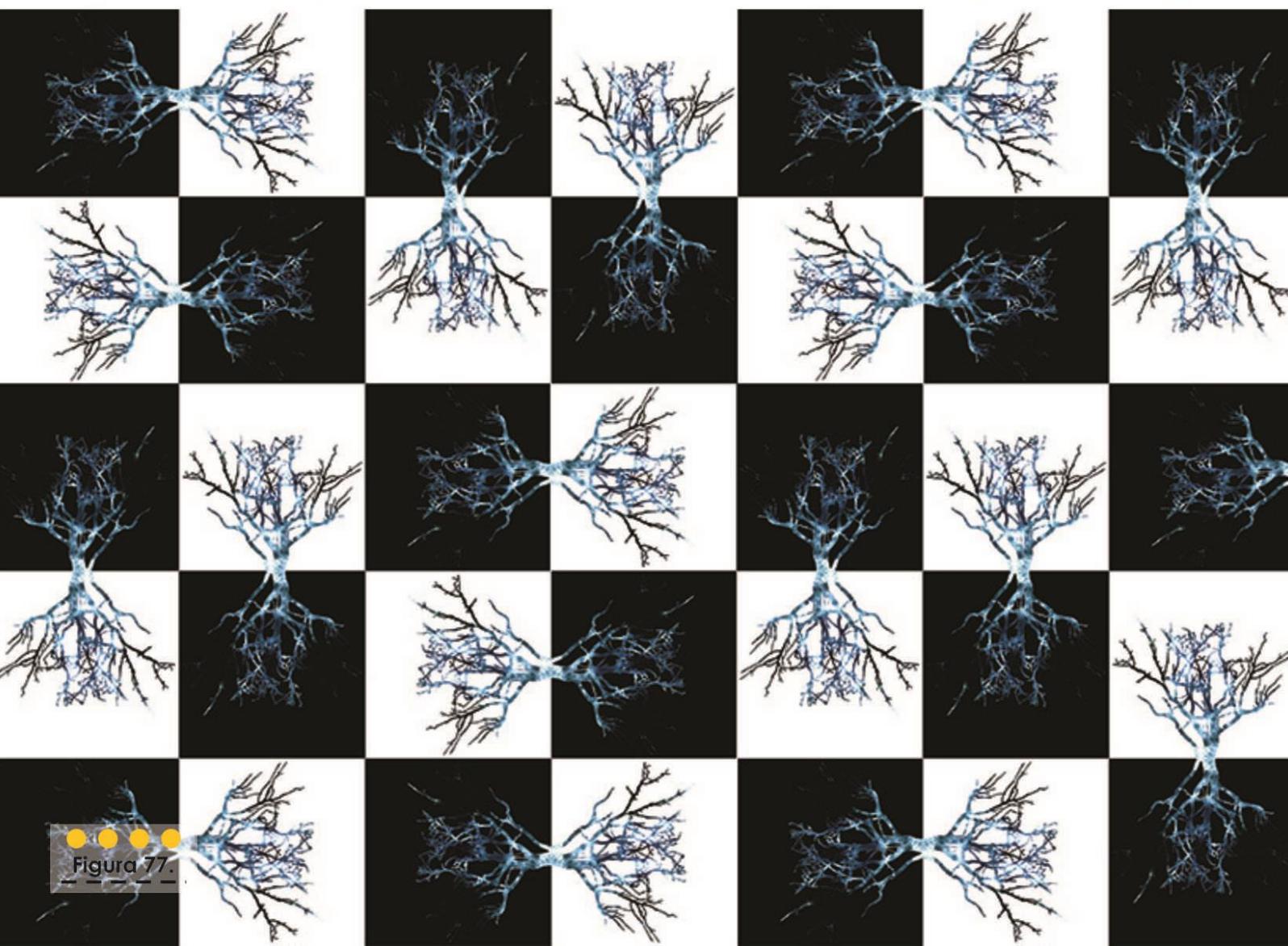
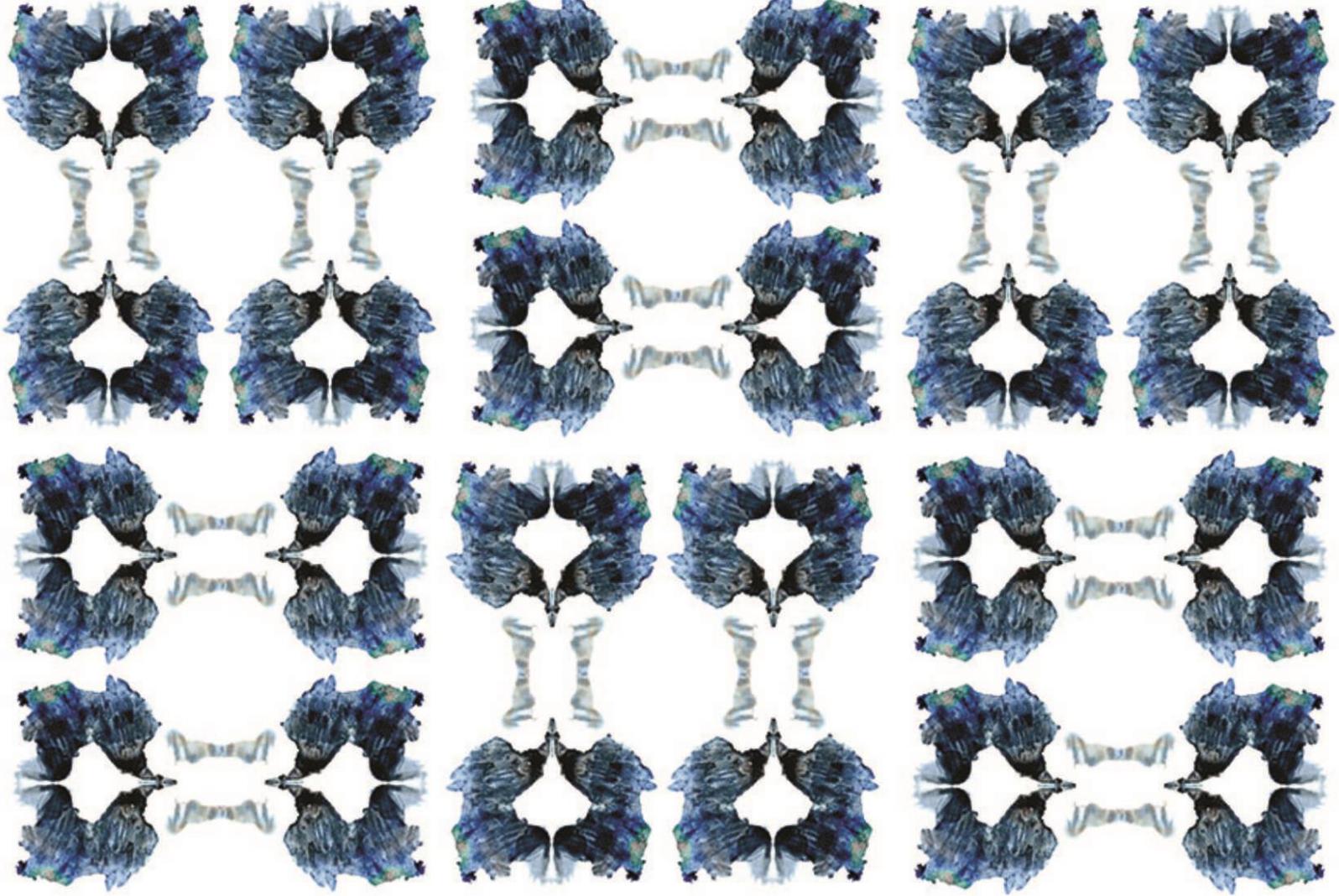
●●●●  
Figura 74.



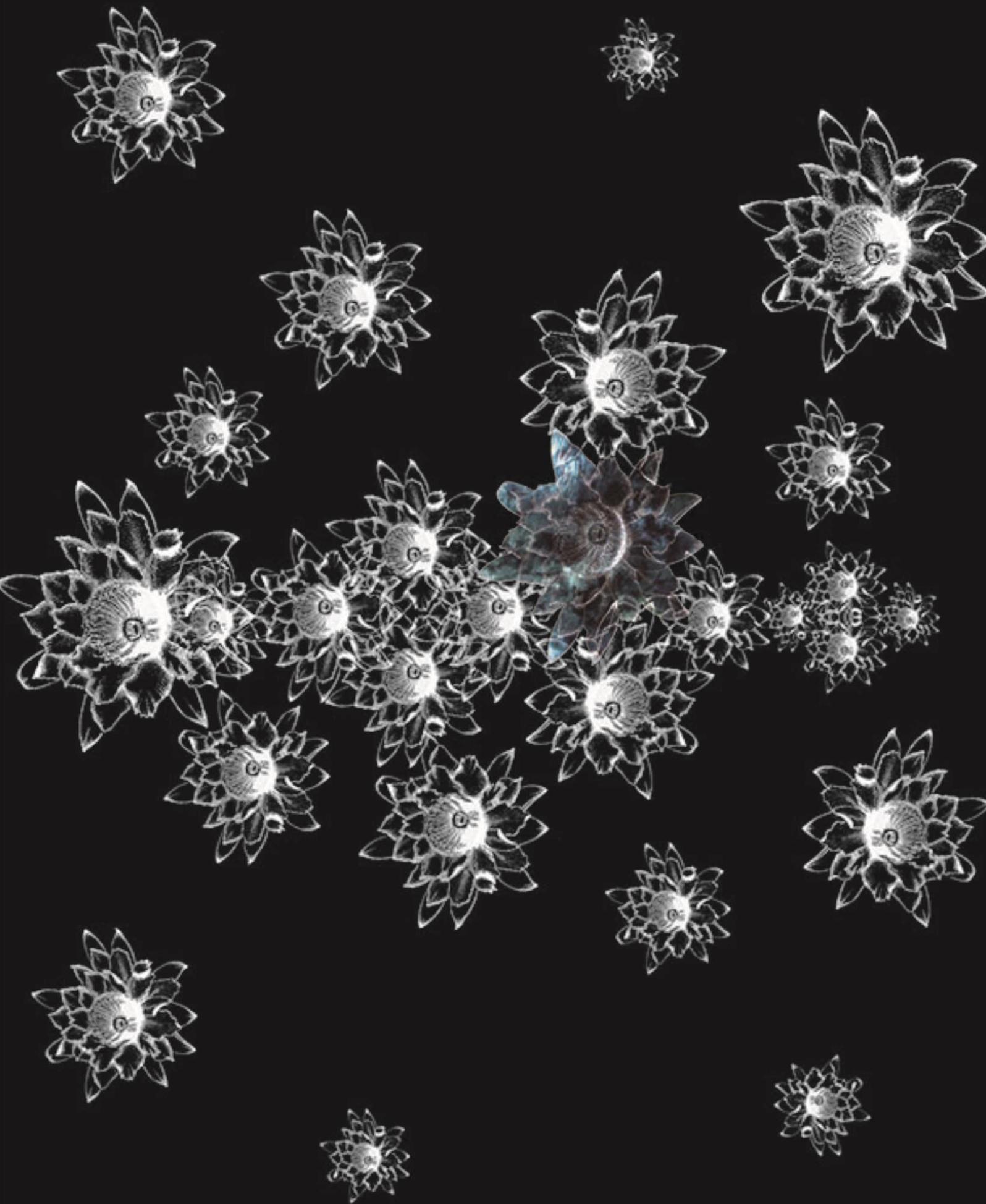
● ● ● ●  
Figura 75.



● ● ● ●  
Figura 76.



● ● ● ●  
Figura 77.



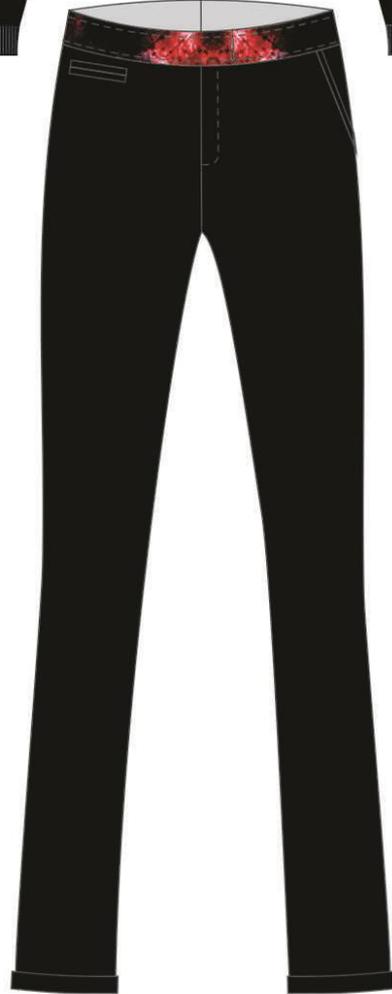
●●●●  
Figura 78



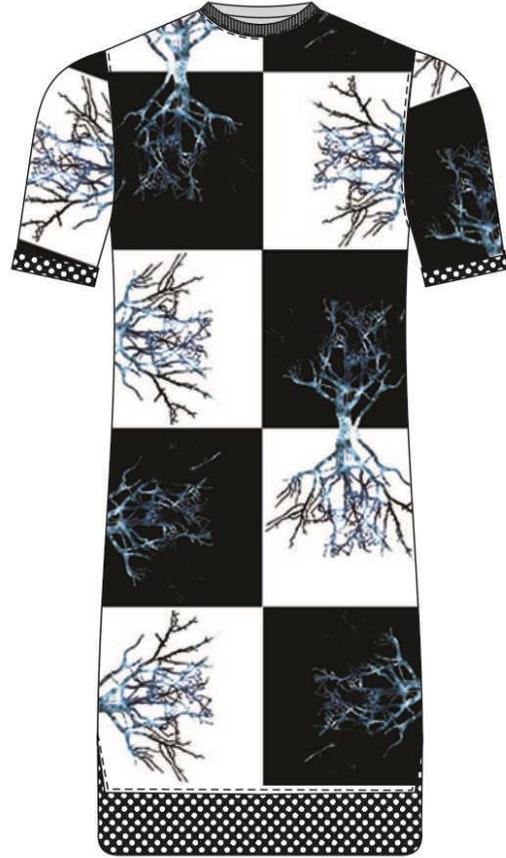
● ● ● ●  
Figura 79.



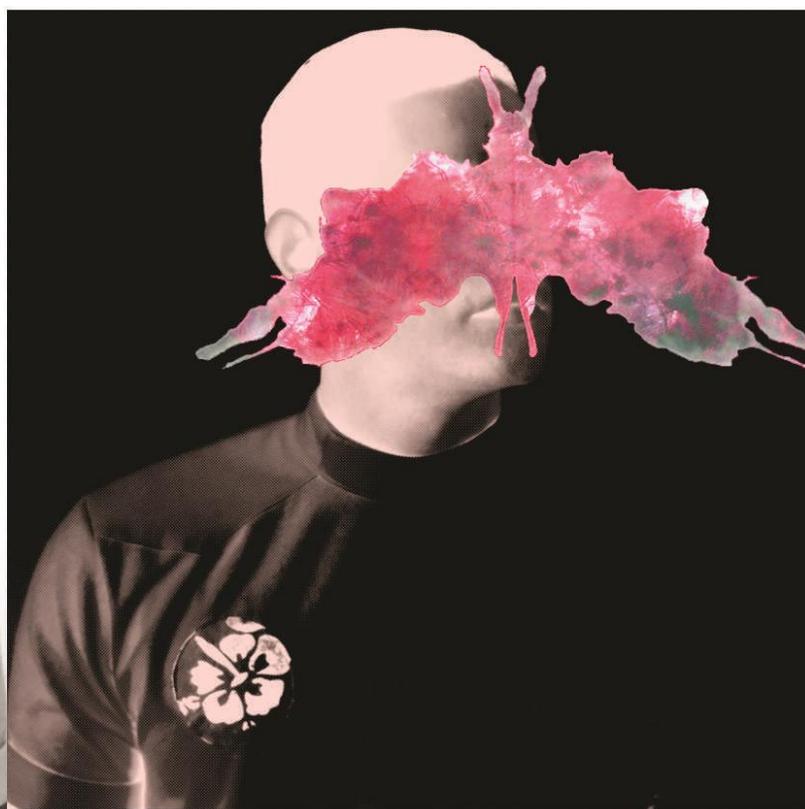
● ● ● ●  
Figura 80.



● ● ● ●  
Figura 81.



● ● ● ●  
Figura 82.



● ● ● ●  
Figura 83.



● ● ● ●  
Figura 84.



●●●●  
Figura 85.



● ● ● ●  
Figura 86.

# 5.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Muitos caminhos foram percorridos e as incertezas de um projeto experimental resultaram de maneira positiva. A interdisciplinaridade, objetivo amplo desta pesquisa, mostra como é possível por meio de tecnologias e saberes de área aparentemente não afins, encontrar resultados inesperados, ampliar possibilidades e encontrar soluções para problemas complexos por rotas antes inimagináveis.

A comunhão entre design, moda e biologia talvez seja uma dessas simbioses. Áreas que ao estabelecer uma relação, geram resultados positivos para todas elas. Esse entrelaçamento permitiu o encontro de uma solução viável e que torna o tingimento e a estamparia, um processo sustentável.

Obteve-se um bom resultado tanto para a coloração, quanto para a criação de estampas em tecidos orgânicos, utilizando-se para isso actinobactérias produtoras de pigmento.

Dentre as várias metodologias testadas, aquela que teve o tecido tingido com maior eficiência ocorreu em meio de cultura líquido com agitação, e para a estamparia pelo método de estêncil, a utilização da bactéria diretamente sobre o tecido.

Em ambos os casos, foi possível realizar a lavagem e passagem do tecido após os experimentos, no entanto, como não houve nenhum processo de fixação do pigmento, os tecidos liberaram um pouco de cor na água. Dessa maneira, em estudos futuros, devem ser testadas possibilidades de fixação da coloração no tecido por meio de fixadores naturais, como sal e vinagre.

Para ser utilizado na indústria o método deve ser repensado para uma escala industrial, com processos realizados em fermentadores, como os que são utilizados na produção de antibióticos. Inclusive, pode-se pensar em uma associação entre indústrias farmacêuticas e a produção de pigmentos naturais, uma vez que ambos utilizam as mesmas bactérias em seus processos produtivos.

Uma limitação da técnica de tingimento com a utilização do microrganismo diretamente em contato com o tecido, é a não uniformidade do tingimento. Não que essa característica seja ruim, pelo contrário, acrescenta um fator aleatoriedade que apresenta uma carga estética importante ao trabalho e ao produto final.

No entanto, é possível se pensar na extração do pigmento para a utilização na indústria, de forma que a bactéria não entre em contato com o tecido e o tecido possa ser tingido de forma uniforme, primando pelos padrões industriais atuais.

Esse pigmento isolado também pode ser utilizado para compor tintas de serigrafia, para a impressão de estampas digitais e porque não pensar em utilizações em outras indústrias como a gráfica e a alimentícia.

Foi possível verificar um amplo espectro de cores dos pigmentos produzidos pelas linhagens de actinobactérias utilizadas na pesquisa, e muitas outras existem. Seria possível e interessante catalogar esses outros espécimes de forma a criar uma escala cromática que pudesse ser utilizado com eficiência pela sociedade.

Uma outra possibilidade de estudo é entender de forma molecular, como ocorre a produção de pigmento pela bactéria e como potencializar essa produção.

Não foi realizada a mistura desses pigmentos, uma vez que a bactéria é produtora de antibiótico, muito provavelmente, uma espécie acabaria por impedir o crescimento de outra, mas isso não inviabiliza, por exemplo, a mistura de pigmentos extraídos do meio, de forma a criar novas cores de pigmento.

Já em relação as estampas produzidas por meio da técnica de estêncil, outra possibilidade seria testar o crescimento bacteriano no tecido de forma aleatória, deixando ao encargo da bactéria criar o desenho a ser formado. Isso pode ocorrer também com a utilização de diferentes espécies em um mesmo tecido, produzindo cores e desenhos ainda mais variados.

Essa liberdade dada ao desenvolvimento de novas estampas, leva a refletir sobre a possibilidade de utilização dessa técnica de tingimento ou estamparia pelo usuário final. Uma vez realizados testes de patogenicidade, as bactérias poderiam ser comercializadas em *kits* de utilização em casa, fora do ambiente laboratorial, principalmente porque o microrganismo se desenvolve na temperatura de 37°C e tem nutrição a partir de meio de cultura simples com base de flocos de aveia.

A possibilidade de utilização pelo usuário destas bactérias, poderia ampliar a relação que as pessoas têm com a roupa, de tal forma, que as mesmas se tornassem mais duráveis, devido a carga emocional investida no produto cultivado.

Em um mercado em que cada vez mais procuramos exclusividade e diferenciação do que é comum, a criação de peças autorais pelo próprio usuário pode também ser um caminho no trilho da sustentabilidade e renovação do consumo.

Voltando a possibilidade de utilização de bactérias na estamparia, observou-se que é possível produzir estampas com um detalhamento grande na técnica de estêncil, no entanto ela apresenta um limite para detalhes menores que 3 mm de diâmetro. A utilização do microrganismo livremente sobre o tecido ou a extração do pigmento seriam possibilidades de sanar esse problema.

Além destes objetivos atingidos, esse estudo interdisciplinar possibilitou a visualização das bactérias com um novo apelo estético que explora características micro e macro deste universo.

A utilização das tramas e microscopias dos tecidos e bactérias, multiplicaram texturas, possibilitando a ampliação do olhar do observador, tão atento ao que é macro apenas. As texturas criam sinestésias ao somar cor e forma em estampas.

A cor proporcionada pela pigmentação irregular das actinobactérias, formam manchados que estão presentes ao longo de

todo o trabalho e que acentuam o conceito de aleatoriedade e surpresa ao produto acabado.

A essa estética das bactérias surgem referências das raízes, da caatinga, da terra que ao se mesclarem, formaram estampas diversificadas, sem serem óbvias, com um resultado final cheio de informação, mas ao mesmo tempo limpo e futurista.

A actinobactéria ainda apresenta um outro fator que soma uma característica ao tecido, que é o “cheiro de chuva”, ampliando seu aspecto sinestésico, geralmente remetendo a algo bom e saudosista. Isso acrescenta uma outra camada emocional ao produto, explorando desde o tato das texturas criadas, ao olfato.

Muitas outras possibilidades de pesquisas futuras surgiram ao longo do projeto e que podem ampliar este trabalho. A primeira delas foi a integração entre as actinobactérias e bactérias produtoras de biofilmes, e produzir assim, ao mesmo tempo, um tecido derivado da quebra da celulose, já pigmentado.

Outra possibilidade de análise futura diz respeito a produção de antibióticos por estas linhagens de actinobactérias, onde deve-se estudar o tipo de antibiótico produzido por cada uma delas, sua ação com testes de antibiograma e seu efeito sobre o tecido. Uma das possibilidades seria a produção de tecidos tingidos já com o acabamento antimicrobiano, reduzindo manchas e odor ao tecido, prolongando assim a vida útil das roupas.

Seria interessante também ampliar a pesquisa para a análise de mutações bacterianas controladas, de maneira a criar novos tipos de colorações, outros tipos de morfologia das colônias e a possibilidade de atribuir propriedades especiais aos tecidos, como a bioluminescência.

Fato é que a biotecnologia já faz parte de nossas vidas, de forma muito mais ampla do que temos conhecimento. Essa pesquisa contribui para novas perspectivas não só na indústria de moda, como na vida

cotidiana das pessoas, se começarmos a ver o mundo de uma forma um pouco diferente e menos sistemática.

Essa pesquisa teve uma contribuição enorme no meu processo de aprendizado, que contou com a colaboração de tantas instituições e professores, produzindo um intercâmbio de conhecimentos, sempre somando de maneira surpreendente.

Para a academia fica a possibilidade de estudos futuros tanto com a prática de utilização de actinobactérias por alunos de moda, no vestuário, seja como mote para desenvolvimentos de coleções, ou com a própria utilização da bactéria para tingimento e estamparia, assim como para alunos de outras áreas do design, e que utilizam cor e textura da forma mais ampla em mobiliário, impressões, ou em outras áreas como a arquitetura e artes plásticas.

O trabalho desenvolvido serve também como referência para outras pesquisas que desejam adotar metodologias interdisciplinares, ou pesquisas na área de biodesign, moda e sustentabilidade e design de superfície.

# REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBAGNANO, Nicola. *Dicionário de filosofia*. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2012.

ALBERTS, Bruce. *Fundamentos da biologia celular: uma introdução à biologia molecular da célula*. Porto Alegre: Artmed, 1999.

ANTONELLI, Paola. "Vital Design". In: MYERS, William. *Bio Design*. London: Thames & Hudson, 2012.

BEAUD, Michel. *Arte da tese: como preparar, redigir uma tese de mestrado, uma monografia ou qualquer outro trabalho universitário*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997.

BENYUS, Janine. *Biomimética: Inovação Inspirada pela Natureza*. São Paulo: Cultrix, 2012.

BOURRIAUD, Nicolas. *Pós-produção: como a arte reprograma o mundo contemporâneo*. São Paulo: Martins, 2009.

COGDELL, Christina. *From BioArt to BioDesign*. *American Art*, v. 25, n. 2, 2011.

CORRÊA, G.G. *Potencial Biotecnológico de Actinobactérias da Rizosfera de Caesalpinia pyramidalis Tul. Do Bioma Caatinga*. Dissertação Mestrado Programa de Pós Graduação em Biotecnologia Industrial, 2014.

DELEUZE, Gilles. *Mil Platôs: capitalismo e esquizofrenia, vol.1*. São Paulo: Editora 34, 2009.

DEMO, Pedro. *Conhecimento Moderno: sobre ética e intervenção do conhecimento*. Petrópolis: Vozes, 1997.

DETANICO, F.B.; TEIXEIRA, F.G.; SILVA, T.K. *A Biomimética como Método Criativo para o Projeto de Produto*. UFRGS: Design & Tecnologia, 02, 2010.

DUBBERLY, Hugh. *Design in the age of biology: Shifting from a mechanical-object ethos to an organic-systems ethos*. *Interactions magazine*: v.15, n.5, 2008.

EDWARDS, Clive. *Como compreender design têxtil: guia para entender estampas e padronagens*. São Paulo: Senac São Paulo, 2012.

- FERRI, Mário Guimarães. *Botânica: morfologia externa das plantas (organografia)*. São Paulo: Nobel, 1983.
- FERRI, Mário Guimarães. *Botânica: morfologia interna das plantas (anatomia)*. São Paulo: Nobel, 1983.
- FLETCHER, Kate; LYNDA, Grose. *Moda & Sustentabilidade: design para mudança*. São Paulo: Senac, 2011.
- FREITAS, Renata Oliveira de. *Design de superfície: ações comunicacionais táteis nos processos de criação*. São Paulo: Blucher, 2011.
- FROSCH, Robert; GALLOPOULOS, Nicholas. *Strategies for manufacturing*. Scientific American 261(3):144-152, 1989.
- GHOSH, Tushar; EADIE, Leslie. *Biomimicry in textiles: past, present and potencial. An overview*. Journal of the Royal Society Interface 8: 761-755. 2011.
- GIL, Antônio Carlos. *Como elaborar projetos de pesquisa*. São Paulo: Atlas, 2002.
- GONÇALVES, Jonas Rodrigo. *Metodologia Científica e Redação Acadêmica*. Brasília: Processus, 2010.
- KÜHLHORN, Lotta. *Designing patterns: for decoration, fashion and graphics*. Berlin: Gestalten, 2014.
- LACERDA, Clécio de; SORANSO, Priscila; FANGUEIRO, Raul. *O contexto Biomimético Aplicado ao Design de superfícies Têxteis*. REDIGE: v.3, n. 03, 2012.
- LASKY, Julie. *The Beauty of Bacteria*. The New York Times: pages D1-D7, January 17, 2013.
- LINS, Milca R. C. R. *Seleção de actinobactérias isoladas da rizosfera da caatinga com potencial para promoção de crescimento do feijão-caupi (Vigna unguiculata (L.) Wslp.)*. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia Industrial) Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, 2014.
- MADIGAN, Michael [et al]. *Microbiologia de Brock*. Porto Alegre: Artmed, 2010.
- MYERS, William. *Bio Design*. London: Thames & Hudson, 2012.

PAES, Bete. *Estampa brasileira*. São Paulo: BEI, 2011.

PLANCK, Heinrich; STEGMAIER, Thomas; SPECK, Olga; SPECK, Thomas; MILWICH, Markus. *Biomimetics and technical textiles: solving engineering problems with the help of nature's wisdom*. American Journal of Botany 93(10): 1455-1456. 2006.

RAVEN, Peter H.; EVERT, Ray, F.; EICHHORN, Susan E. *Biologia Vegetal*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001.

RÜTHSCHILLING, Evelise Anicet. *Design de superfície*. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2008.

SABINO, Marco. *Dicionário da moda*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

SHU, L. H.; UEDA, K.; CHIU, I; CHEONG, H. *Biologically inspired design*. CIRP Annals – Manufacturing Technology 60, p. 673-693, 2011.

SILVA, Glêzia R. *Bioprospecção de Actinobactérias Isoladas da Rizosfera de Caesalpinia pyramidalis Tul. Do Bioma Caatinga*. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia Industrial) Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, 2013.

SILVA, Ramon Fernandes. *Produção Biotecnológica de um Novo Corante a partir do Streptoverticillium sp. DAUFPE – 13729*. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, 2001.

SILVINO, Alexandre. *Epistemologia positivista: qual a sua influência hoje?* Psicologia, ciência e profissão, v. 27, n. 2, 2007.

VEZZOLI, Carlos. "Cenário do design para uma moda sustentável". In: PIRES, Dorotéia Baduy (org.). *Design de moda: olhares diversos*. São Paulo: Estação das Letras e Cores Editora, 2008.



## GLOSSÁRIO

**Aeróbio:** Organismo que cresce na presença de O<sub>2</sub>; pode ser facultativo, obrigatório ou microaerófilo.

**Ágar:** O ágar-ágar é uma substância mucilagínosa que se encontra em plantas marinhas e é comercialmente extraído das paredes celulares das algas marinhas vermelhas. Uma vez seco, emprega-se em meios de cultura microbiológica e em preparações como agente solidificante

**Alça de Drigalski:** Espalhador de células, descartável, estéril, em forma de L, especialmente desenvolvido para facilitar a distribuição do material em placas de cultura.

**Antibiograma:** teste que indica a sensibilidade de isolados clínicos de microrganismos aos antibióticos de uso corrente.

**Antibiótico:** substância química produzida por um microrganismo, que causa a morte ou inibe o crescimento de outros microrganismos.

**Bactéria:** todos os procariotos que não pertencem ao domínio *Archaea*.

**Batik:** processo de tingimento por reserva, que utiliza cera para inibir a tintura, de forma a obter a estampa.

**Biofilme:** colônias microbianas envoltas por um material adesivo, geralmente de natureza polissacarídica, e aderidas a uma superfície.

**Biomassa:** termo taquigráfico conveniente para referir-se à matéria orgânica.

**Célula:** unidade fundamental da matéria viva.

**Celulolítico:** designativo de seres capazes de digerirem a celulose.

**Erlenmeyer:** é um frasco de vidro ou plástico com formato cônico que leva o nome do químico alemão, Emil Erlenmeyer.

**Esporo:** termo genético dado às estruturas de dormência, resistentes, formadas por muitos procariotos e fungos.

**Georgette:** é um tecido leve de seda tecido em ponto de tafetá. Caracteriza-se por sua frescura, bom caimento e firmeza. O tecido é fino, mas muito forte e durável. Possui uma superfície encrespada e com textura granulada.

**Gram-positiva: grupo de bactérias definidas pelo** método Gram de coloração de bactérias inventado pelo médico dinamarquês Hans Christian Joachin Gram (1853- 1938). De acordo com este método, as

bactérias que adquirem coloração roxas são as gram-positivas. As bactérias gram-positivas têm paredes simples, com grandes quantidades de peptidoglicanos.

**Guipure:** Também chamada de guipir, gripir ou gripier, é uma renda com motivos de relevo, que formam arabescos. A renda guipure tem visual mais robusto e é considerada a mais nobre das rendas.

**Isolado bacteriano:** microrganismo separado dos demais presente em uma amostra por meio de meios de cultura seletivos.

**Inóculo:** material celular utilizado para iniciar uma cultura microbiana.

**Laise:** tecido de algodão caracterizado pelos desenhos abertos, em forma de bordados vazados, com ou sem relevos. Leve, em geral branco, também é chamado de broderie.

**Linhagem:** população de células de uma única espécie, em que todas são descendentes de uma única célula; um clone.

**Meio de cultura:** solução aquosa contendo vários nutrientes, adequada para o crescimento de microrganismos.

**Micélio:** aparelho vegetativo de alguns fungos, formado pelo conjunto de hifas (filamentos ramificados).

**Mutação:** alteração hereditária na sequência de bases do genoma de um organismo.

**Organismo:** qualquer ser vivo, uni- ou multicelular.

**Parede celular:** camada rígida presente externamente à membrana citoplasmática, que confere rigidez estrutural à célula e proteção contra a lise osmótica.

**Placa de Petri:** peça de vidro ou plástico, de formato plano com bordas verticais. São utilizadas principalmente para desenvolver meios de cultura bacteriológicos e para realizar reacções em escala reduzida.

**Plasmídeo:** elemento genético extracromossomal, que não é essencial ao crescimento e não exibe forma extracelular.

**Procarioto:** célula ou organismo desprovido de um núcleo e outras organelas envoltas por membrana, geralmente apresentando o DNA na forma de uma única molécula circular. Membros dos domínios *Bacteria* e *Archaea*.

**Rapport:** planejamento de um desenho de modo a adequá-lo repetidamente a um formato específico. Cada repetição é uma unidade contendo um conjunto completo de diferentes elementos de design.

**Rizosfera:** região localizada imediatamente adjacente às raízes das plantas.

**Rotoevaporação:** destilação à pressão reduzida rotatória utilizada para remoção de solventes de baixo ponto de ebulição.

**Tie Dye:** método de tingimento por reserva, em que o tecido a ser tingido é antes dobrado e amarrado com cordas ou elásticos, a fim de formar uma estampa. As amarrações resistem à penetração da tintura e, quando removidas, resultam em desenhos.

**Transformação:** transferência de informação genética a partir de moléculas de DNA livres. Também corresponde a um processo, algumas vezes iniciado pela infecção com certos vírus, em que uma célula animal normal torna-se célula cancerosa.



**ANEXOS**

## Meio de cultura ISP-2

<b>Ingrediente</b>	<b>Quantidade</b>
Extrato de levedura	4g
Extrato de malte	10g
Dextrose/glicose	4g
H <sub>2</sub> O <sub>d</sub>	1000 mL
Ágar	15g
pH= 7,2	

## Meio de cultura ISP-3

<b>Ingrediente</b>	<b>Quantidade</b>
Farinha de aveia	20g
Ágar	18g
Solução de traço de sais	1 mL
H <sub>2</sub> O <sub>d</sub>	1000 mL
pH= 7,2	

## Solução de traço de sais

<b>Ingrediente</b>
FeSO <sub>4</sub> 7H <sub>2</sub> O
MnCl <sub>2</sub> 4H <sub>2</sub> O
ZnSO <sub>4</sub> 7H <sub>2</sub> O
H <sub>2</sub> O <sub>d</sub> 100 mL