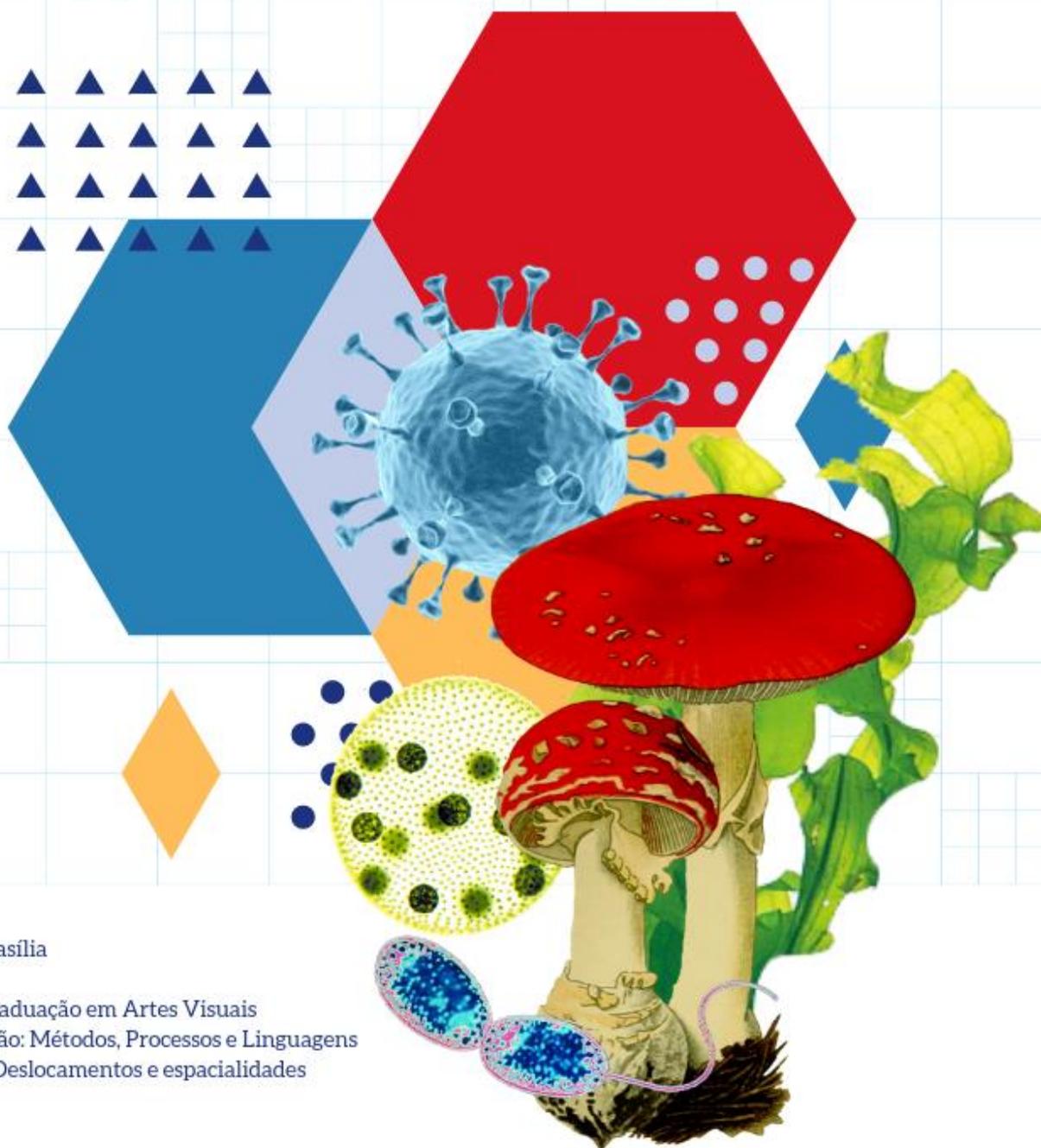


O QUE OS MICRORGANISMOS ME DISSERAM: UMA VERSÃO DE UM MÉTODO MICROBIOINSPIRADO

Breno Tenório Ramalho de Abreu

Orientador: Dr. Christus Menezes da Nóbrega



Universidade de Brasília
Instituto de Artes
Programa de Pós-graduação em Artes Visuais
Área de concentração: Métodos, Processos e Linguagens
Linha de pesquisa: Deslocamentos e espacialidades
Brasília 2019

Universidade de Brasília

Instituto de Artes

Programa de Pós-graduação em Artes Visuais

BRENO TENÓRIO RAMALHO DE ABREU

O que os microrganismos me disseram:
uma versão de um método microbioinspirado

BRASÍLIA

2019

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

BRENO TENÓRIO RAMALHO DE ABREU

O que os microrganismos me disseram:
uma versão de um método microbioinspirado

Tese apresentada como requisito final para a obtenção
do Título de Doutor em Arte pelo Programa de Pós-
Graduação em Artes Visuais da Universidade de Brasília

Área de concentração: Métodos, Processos e Linguagens.

Linha de pesquisa: Deslocamentos e espacialidades

Orientador: Dr. Christus Menezes da Nóbrega

BRASÍLIA

2019

AGRADECIMENTOS

Escrever uma tese é um processo solitário, mas a quantidade de pessoas que contribuem para a escrita da tese é enorme. A todas as pessoas que me ajudaram nessa tarefa, a minha gratidão eterna.

Obrigado ao meu orientador Christus Nóbrega que sempre soube a maneira de me levar para frente com a voz firme e doce, com correções e conselhos, com uma visão panorâmica do trabalho, acreditando no meu potencial e do MBI.

Obrigado aos meus professores, mentores, colegas de doutorado, coordenadores e funcionários da pós-graduação em artes visuais que contribuíram de várias formas para o trabalho e me ajudaram um monte de questões ao longo do curso.

Obrigado ao meu marido e minha família que sempre me apoiaram e me aguentaram nos meus dramas e surtos. Obrigado por não me deixarem duvidar de mim e desistir em nenhum momento, me trazendo serenidade, carinho e conforto.

Obrigado aos meus amigos de Brasília por serem a minha base e a certeza de que quando estou com vocês, sempre estou em casa, e aos meus amigos do Rio que me acolheram de uma maneira tão linda e que me ensinaram outra maneira de viver, mais leve, empática e pela coletividade.

A todos vocês, o meu muito, muito obrigado por me ajudarem a evoluir ao longo de todos esses anos.

“Quem só acredita no visível tem um mundo muito pequeno”

Caio Fernando Abreu

RESUMO

Os microrganismos apresentam grande importância não somente para a população humana no que diz respeito à produção alimentícia e farmacêutica, como também para a manutenção dos ciclos biológicos de nutrientes e da harmonia da vida como a conhecemos. Nas últimas duas décadas vemos uma crescente utilização destes microrganismos (bactérias, arqueias, protozoários, algas, fungos e vírus) também nos trabalhos de arquitetos, engenheiros, designers e artistas como matéria prima viva na criação de artefatos de diferentes escalas, fazendo parte dos próprios artefatos produzidos ou mesmo em seus processos produtivos. Nestes projetos vemos a interdisciplinaridade com a microbiologia e a utilização de sistemas complexos, mas sem uma sistematização das pesquisas. Por isso, esta tese teve o objetivo de produzir um método de criação de artefatos para áreas criativas (arte, design, moda e arquitetura, por exemplo) utilizando microrganismos. O método criado como objetivo geral da tese chama-se Método Microbioinspirado (MBI) e se divide em três grandes ciclos denominados *Momentums*. O *Momentum Rep*, ou representativo apresenta etapas relacionadas à pesquisa e exploração dos fatores envolvendo os microrganismos, suas transversalidades e características sensíveis; o *Momentum Cell* é constituído pela definição precisa do problema e dos objetivos da pesquisa; e o *Momentum Morf*, ou morfológico cujas etapas são responsáveis por materializar/executar o artefato e discutir a pesquisa. O método foi testado e colocado em prática em *workshops* e cursos relacionados ao design e a moda, mostrando a sua eficiência, ajudando estudantes, professores e pesquisadores a criarem seus próprios projetos interdisciplinares envolvendo microrganismos. Após o método criado e testado, ficam como perspectivas do trabalho criar uma plataforma de compartilhamento do método e fontes de pesquisas de microrganismos, assim como um repositório de alimentação colaborativa com dados de microrganismos diversos que possam ser utilizados como constituintes de projetos microbioinspirados.

Palavras-chave: método; micróbio; criação; interdisciplinaridade.

SUMÁRIO

MEMORIAL	7
1. INTRODUÇÃO	11
2. O MÉTODO MICROBIOINSPIRADO (MBI)	27
2.1. SOBRE MÉTODO	28
2.2. SOBRE O MÉTODO MICROBIOINSPIRADO (MBI)	41
2.3. SOBRE OS <i>MOMENTUMS</i> E ETAPAS	62
2.3.1. Momentum Rep	62
2.3.1.1. Seleção do Microrganismo	63
2.3.1.2. Investigação do microrganismo	77
2.3.1.3. Fatores transversais da pesquisa	110
2.3.1.4. Fatores sensoriais da pesquisa	111
2.3.1.5. Problema, artefato e processo	113
2.3.2. Momentum Cell	114
2.3.3. Momentum Morf	116
2.3.3.1. Técnicas, ferramentas e experimentos	119
2.3.3.2. Resultados e análise	121
2.3.3.3. Problemas	121
2.3.3.4. Discussão	123
2.3.3.5. Perspectiva	123
2.4. Fontes de pesquisa	124
3. PRÁTICA DO MBI E PESQUISAS MICROBIOINSPIRADAS	129
3.1. GRUPO FOCAL MBI	129
3.2. PESQUISAS MICROBIOINSPIRADAS	142
4. PERSPECTIVAS MICROBIOINSPIRADAS	156
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	159
ANEXOS	163
ANEXO 1: INFOGRÁFICO MBI	163
ANEXO 2: RESULTADOS DOS GRUPOS FOCALIS	172
ANEXO 3: GLOSSÁRIO	176

MEMORIAL

Escrever esse trabalho é contar a trajetória da minha vida acadêmica e as influências e decisões que recebi e tomei ao longo dela. Na verdade, plantei algumas sementes e o tempo e a vida se encarregaram do resto.

De maneira mais ampla, minha cartografia, que fiz tantas vezes ao longo da graduação, mestrado e agora no doutorado, mostram a mudança das referências pessoais e ampliação do restrito conhecimento que tenho das coisas que vi, li e vivi. Uma versão mais recente desta cartografia pode ser vista ao final deste texto (figura 1).

Sempre fui curioso. Queria (e continuo querendo) entender como as coisas funcionam, parecendo aquelas crianças chatas que perguntam de tudo. Adorava ver vídeos e programas que traziam a luz, aquilo que para mim eram mistérios, como: “como funciona o telefone?”, “como uma voz pode ser gravada em um vinil?”, “como a comida se transforma no nosso organismo?”. Percebo que nunca perguntei o porquê das coisas e sim como. Uma resposta curta e objetiva do porque, nunca me tranquilizou e talvez por isso me interessei por desenvolver um método.

Dessa maneira, meu primeiro curso de graduação foi biologia, a ciência que conseguia me atender no momento e desmembrar algumas dessas dúvidas. Mais especificamente, sempre fui apaixonado pelo mundo invisível, pelos microrganismos. Como era possível que seres tão microscópicos causassem, ou melhor, promovessem tantas coisas, do alimento a doença. E assim, passei alguns anos da minha vida dedicando horas de estudo e pesquisa a microbiologia, mais especificamente as pesquisas de bioinseticidas.

No entanto, havia outra energia muito inquieta em mim desde menino. Eu tinha muito prazer em criar coisas como jornais locais para os vizinhos do prédio onde morava, cd's, casas de brinquedo, fantasias, cadernos. Gostava de imprimir as minhas características nas coisas, criar identidades. Demorou muito tempo para eu entender que isso não era um hobby e com a ajuda da minha mãe, que me fez ver isso, finalizei o curso de biologia e ingressei na graduação em desenho industrial.

Nesse momento, uma libertação parecia ter sido estabelecida na minha vida acadêmica e pessoal, finalmente poderia ser eu mesmo, uma busca que faz parte da minha geração, a necessidade de se ter satisfação e bem estar no trabalho, além de entender que o

trabalho não deve ser mecanicista e sim um aprendizado contínuo. Desde o início do curso de design trabalhei com produtos de moda, estagiando na área e me dedicando a produção industrial.

Trabalhei com moda praia durante muitos anos, mas me cansei da logística de produção de seis coleções ao ano, a custos de um trabalho mal remunerado e exaustivo, fruto de uma lógica de consumo descabida e acelerada. Continuei a trabalhar como designer, mas com consultoria, que ampliou meus horizontes para outros segmentos da moda como moda gestante, infantil, alfaiataria, festa, dentre outros.

E por fim, mas desde criança ainda com essa energia latente, me voltei para a docência em design. Comecei dando aula para os primos e amigos, depois de laboratório na biologia, de desenho na graduação em design, até realizar minha pós-graduação em arte e ingressar no ensino superior. Ministrei aulas desde a engenharia até a moda, da arquitetura ao design gráfico.

Foi ao entrar no mestrado em design e com o encontro com o meu orientador, que algo que parecia óbvio para ele, mas nem tanto para mim surgiu: porque não misturar as minhas grandes paixões na minha pesquisa acadêmica e no meu fazer como designer e docente.

Começamos desenvolvendo pesquisas para produtos de design utilizando bactérias, que desperta grande curiosidade do público em geral e da comunidade acadêmica, e que poderia trazer um novo olhar para processos que mostram sinais de cansaço na sociedade contemporânea. Mas tudo acontece no seu tempo, e nessa nova era de tanta preocupação com questões ligadas a sustentabilidade, porém de pouca ação, os projetos interdisciplinares se mostram como uma solução possível para criar, recriar e instigar o futuro e o que pensamos sobre ele, com questões que vão para além do design, da arte e da moda.

Espero que gostem dessa abordagem de outro modo de ver o invisível, sobre o que as bactérias me contaram, possibilitando criar e registrar esse método microbioinspirado.

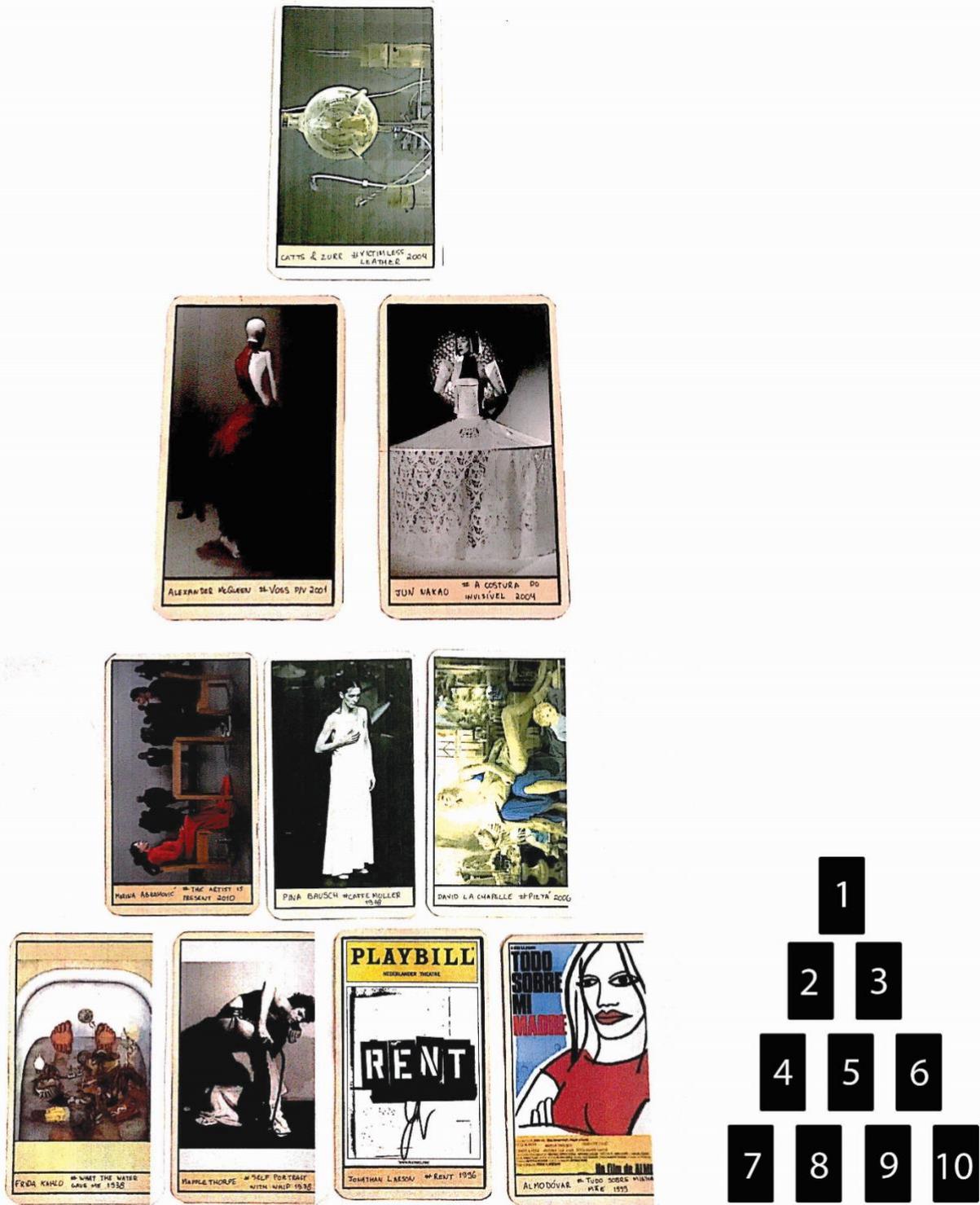


Figura 1. Cartografia pessoal Março 2017.

As referências da Cartografia pessoal elaborada em Março de 2017 e apresentada em formação de Tarot apresenta no total 10 arcanos, aqui representados por momentos, histórias, filmes, performances, artistas, fotógrafos, pesquisas, dentre outros fatos importantes para a formação do Breno naquele momento específico, transitório. A tiragem do jogo é livre, estabelecendo ligações levianas entre os arcanos. Faziam parte daquele instante os seguintes arcanos:

1. "Victimless leather", CATTS & ZURR, 2004.
2. "Voss", MCQUEEN, 2001.
3. "A costura do invisível", NAKAO, 2004.
4. "The artist is present", ABRAMOVIC, 2010.
5. "Caffe Muller", BAUSCH, 1978.
6. "Pietà", LA CHAPELLE, 2006.
7. "What the water gave me", KAHLO, 1938.
8. "Self portrait with whip" MAPPLETHORPE, 1978.
9. "Rent", LARSON, 1996.
10. "Tudo sobre minha mãe", ALMODÓVAR, 1999.

1. INTRODUÇÃO

Não há como se imaginar uma vida sem microrganismos. Tudo seria diferente de como conhecemos hoje em dia, o planeta seria diferente. Mas para uma grande parte da população, que entende as bactérias e os fungos como inimigos e os vírus como cavaleiros do apocalipse, é por meio da “limpeza” e da estética do estéril, que podemos ficar livres dessa ameaça.

Ainda é conhecido por pequena parte da população mundial que os microrganismos são muito mais benéficos do que maléficos para a nossa vida. Para aqueles que tiveram uma formação ligada a biologia é compreendido, por exemplo, que para fazermos corretamente a digestão dos alimentos, precisamos de uma microbiota equilibrada¹, mas poucas pessoas sabem disso.

Assim como para nós humanos os microrganismos desempenham um papel importantíssimo na manutenção de nossa saúde, essa mesma situação se aplica para todos os outros seres vivos que dependem diretamente de microrganismos para terem seu organismo funcionando normalmente. As plantas leguminosas como o feijão, a ervilha e a soja, por exemplo, dependem de bactérias para conseguirem absorver nutrientes do solo, os mamíferos, principalmente os herbívoros, como os bovinos, caprinos, roedores e equinos, dependem da fermentação promovida por bactérias ao longo do trato gastrointestinal² para absorverem os nutrientes, e ainda espécies de formigas, como as atíneas, cultivam jardins de fungos para obterem alimento.

Além dessa grande importância e relação com a nutrição dos seres vivos, os microrganismos estão em contato e vivem conosco em cada parte do corpo que está em contato com as áreas externas a ele, ou seja, a maior parte das mucosas (boca, intestino, órgãos sexuais), tudo que tem contato com o mundo exterior, tem bactérias, e sim, elas que nos ajudam a ter equilíbrio, resistência e vida longa na Terra, e a elas o nosso muito obrigado.

¹ Uma microbiota equilibrada é formada pelo conjunto de microrganismos que vivem em harmonia na superfície, no interior do nosso corpo e até no interior das células, possibilitando uma vida saudável.

² O trato gastrointestinal varia muito de estrutura nos vertebrados, mas na grande maioria a absorção dos nutrientes acontece no intestino delgado. Já a fermentação microbiana pode acontecer em estruturas como o pré-estômago, ceco ou intestino grosso.

Essa relação muitas vezes benéfica para os seres vivos também é de grande valia para os microrganismos, que estabelecem esse compartilhamento justamente para que consigam sobreviver na maior parte dos habitats da Terra, numa relação de benefícios mútuos.

No entanto, quando os microrganismos se encontram em quantidade desregulada e em lugares que não eram para estar, isso pode nos causar alguns transtornos. Por exemplo, quando machucamos a pele, ali se encontram alguns microrganismos que não deveriam estar em contato com as camadas abaixo da pele, e por isso precisamos de antissépticos para evitar uma possível infecção.

É possível recordar de um momento clássico da infância quando nos machucávamos e nossos pais usavam merthiolate ou elixir sanativo para prevenir o crescimento de bactérias e fungos, e algumas vezes ainda utilizavam band-aid para proteger a superfície do machucado contra o contato com outros microrganismos (figura 2). Talvez essa seja uma das primeiras recordações e do entendimento de que não estamos sós, e que existia um “inimigo invisível” próximo a nós.

Se nós soubéssemos que desde o momento que fomos amamentados estávamos coletando algumas bactérias do corpo de nossas mães para crescermos saudáveis, e estimular também nosso sistema imune, que é o sistema protetor do nosso corpo, talvez assim se iniciasse outra relação com os micróbios³.

Provavelmente nos sentimos muito poderosos ou autocentrados para entender que a nossa sobrevivência, depende de muitos outros fatores e de muitos outros seres vivos. Compreender a vida por um viés mais panorâmico implica em alargarmos a visão que temos de nossa existência e nos permitir assimilar melhor os ciclos da matéria orgânica que interliga todos os seres vivos, onde os microrganismos têm papel vital, tanto no ciclo da vida na Terra, como na composição do meio ambiente como o conhecemos.

Dessa forma, é estranho pensar que seja possível viver sem os microrganismos, mas alguns cientistas criam, por exemplo, camundongos em laboratório para realizar experimentos, que devem ser estéreis (sem nenhum microrganismo) para que possam ser realizados testes.

³ Os termos micróbio e germe surgiram no século XIX, quando a tecnologia disponível não permitia a diferenciação dos microrganismos. São termos mais pejorativos que tem uma associação direta com doenças. O termo micróbio, no entanto, será aqui utilizado algumas vezes para substituir a palavra microrganismo para que não ocorram tantas repetições, mas sem nenhum teor pejorativo.



Figura 2. A- Os antissépticos Merthiolate e Elixir Sanativo e o curativo Band-aid, um dos nossos primeiros contatos com o mundo microbiológico.⁴

⁴ Fonte: Disponível em: <<https://vejasp.abril.com.br/blog/memoria/medicamentos-antigos/>>. Acesso em 01 Mar 2019.

Esses camundongos conseguem sobreviver, mas quase sempre apresentam muitos problemas de saúde, principalmente em relação à alimentação. Os seres vivos se vincularam de uma forma tão forte aos micróbios que para nos reconhecermos como somos, e para termos um funcionamento normal e estável do nosso corpo e habitarmos a Terra, precisamos deles.

Posto isso, de forma resumida sobre a importância dos microrganismos em nossas vidas, parece estranho não considerarmos outras relações com os mesmos além de questões puramente fisiológicas. Entender a história dos microrganismos e como eles encontraram o equilíbrio e a adaptação ao longo de sua evolução é aprender constantemente como podemos resolver problemas e, além disso, como podemos utilizá-los para criar projetos nas mais diversas áreas como a farmacêutica, cosmética, agricultura e mesmo nas artes, no design, na moda, na engenharia, dentre outros.

Nesse sentido, a observação da natureza com a finalidade de fazer analogias formais e funcionais foi estruturada como um método de pesquisa denominada Biomimética na década de 50. De maneira geral, o princípio da biomimética 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.

Janine Benyus, fundadora do *Biomimicry Institute* e uma referência no método, divide a biomimética em três áreas de estudo: a natureza como modelo, a natureza como medida, e por fim, a natureza como mentora. Nesse sentido a natureza não serve apenas como inspiração, mas também como moduladora e guia (BENYUS, 2012).

Com o advento do conceito da biomimética, voltamos a olhar para os microrganismos com um olhar de interesse, exatamente pensando em respostas. E assim, temos conseguido resolver alguns projetos de arquitetura, engenharia, design, informática, que ao realizar comparações do projeto com a natureza, encontram respostas para suas equações.

Mas somente respostas bastam? Será que a natureza não pode nos ensinar ou nos inspirar muito além de respostas de teor prático? Será que não podemos formular um

método de criação inspirado na natureza, que pode envolver sua utilização no artefato⁵ final, ou apenas ser utilizado como catalizador para outras discussões e ideias?

Certo é que a maioria dos trabalhos bioinspirados, que definiremos como pesquisas que são inspiradas na natureza de maneira abrangente, tendem a ter um fator prático muito forte, mas nem sempre esse precisa ser o objetivo. Perceber a natureza como mentora pode levar a discussões de muitas áreas, desde as exatas até as humanas. E devido a grande importância dos microrganismos, esta pesquisa está focada nesse recorte da natureza.

Já existem alguns pesquisadores se dedicando a projetos inspirados e que utilizam os microrganismos em sua constituição, principalmente pensando novos materiais ou na verdade, outros materiais alternativos. Alguns destes projetos já passaram da fase de testes e estão sendo utilizados e comercializados, como é o caso do projeto Zvnder (2017), desenvolvido pela designer Nina Fabert. Durante o seu mestrado, Fabert investigou o fungo *Fomes fomentarius*, uma espécie que é parasita de árvores mortas, encontrado na América do Norte e Europa, e neste caso específico, originário da Transilvânia.

O fungo, mais conhecido como casco de cavalo ou fungo de pavio, não é comestível, e era tradicionalmente utilizado pelos povos nômades como fonte de iluminação, pois devido a seu tecido esponjoso, consegue se manter pegando fogo durante muitas horas.

Com o tempo, as propriedades do material foram descobertas e o fungo passou a ser usado como tecido e curativo, iniciando uma produção em escala na Alemanha e na Europa oriental. No entanto, seu cultivo e processamento caíram em desuso a partir da industrialização no século XVIII.

Nina Fabert em sua pesquisa, retoma a investigação do fungo *Fomes fomentarius*, principalmente na análise e estudo extensivo das propriedades do material, e seus processamentos tradicionais, dando origem a artefatos artísticos e conceitos materiais. Após ganhar alguns prêmios pelo estudo em 2015 e 2016, fundou a Zvnder em 2017, para comercializar tanto o material esponjoso não tratado, vendido em placas de diferentes dimensões, como também alguns produtos como carteiras, bolsas, bonés e um tênis em parceria com a NAT-2TM (figura 3).

⁵ Utilizaremos a palavra artefato aqui como qualquer produto, obra, dispositivo, ideia resultante do trabalho humano, seja ele concreto ou abstrato.



Figura 3. A– O fungo *Fomes fomentarius* e as lâminas produzidas a partir do seu corte e tratamento (acima) e B- tênis que emprega o couro produzido a partir do fungo e criado em parceria com a NAT-2TM.⁶

⁶ Fonte: A- Disponível em: <<http://zvnder.com/index.html>> Acesso em: 16 Fev 2019 e B- Disponível em: <<https://nat-2.eu/nat-2-fungi-line/>> Acesso em: 16 Fev 2019.

Vale lembrar que o material esponjoso de *Fomes fomentarius* precisa passar por alguns processamentos dependendo de sua utilização para protegê-lo principalmente da umidade, não sendo um material lavável.

O material é ainda vegano, completamente orgânico, e como a placa é feita do corpo de frutificação do fungo cortado em lâminas, cada peça é única em termos de cor (com variação tonal), forma, tamanho e textura, sendo produzido com trabalho basicamente manual. Como seu pigmento é a melanina, o material se desgasta e se modifica com o tempo, agregando o fator tempo ao produto. A pesquisadora explora assim de maneira sensível a materialidade do fungo envolvendo os conceitos de tempo, desgaste, coloração, e unicidade.

Outro projeto microbiinspirado que faz uso de um microrganismo para repensar um material já existente é o *Bioconcrete*. A engenharia civil e a arquitetura tem pensado maneiras de diminuir a quantidade de resíduos gerados pela indústria da construção civil, além de otimizar materiais, diminuir gastos energéticos e integrar o ciclo de vida de seus artefatos ao ciclo de vida da natureza.

Foi pensando nesses fatores que os pesquisadores da Universidade Técnica de Delft, na Holanda, criaram o *Bioconcrete*, um concreto que tem a capacidade de regenerar construções desgastadas e assim prolongar a vida das construções, fechando as rachaduras. Isso foi possível graças à investigação do *Bacillus pseudofirmus*, uma bactéria que geralmente vive em ambientes hostis como crateras de vulcões ativos e tem a capacidade de gerar esporos, espécies de células filhas bacterianas que podem viver por até 200 anos em estado de latência.

O biomaterial mistura concreto, com células do bacilo e lactato de cálcio, que é utilizado pela bactéria como alimento. O biomaterial funciona de maneira simples: enquanto o concreto está inteiro, sem imperfeições, a bactéria se encontra inativa, como em um sono profundo, mas quando ocorre alguma falha mecânica, como uma rachadura, o material fica exposto a elementos físicos como a água e também a matéria orgânica. Ao entrarem em contato com a água, os esporos do *Bacillus pseudofirmus* germinam e ao consumir seu alimento, o lactato de cálcio, produzem como resultado de seu metabolismo, o calcário, que se deposita e fecha a rachadura em até três semanas (Figura 4).



Figura 4. A bactéria *Bacillus pseudofirmus* acima à esquerda; a realização de teste para abertura de fissuras no concreto para avaliação da atuação da bactéria, acima a direita; abaixo da esquerda para a direita o progresso do fechamento da fissura por meio do depósito de calcário produzido pela bactéria.⁷

⁷ Fonte: Disponível em <<http://pet.ecv.ufsc.br/2016/10/bioconcreto-o-concreto-que-ganhou-vida/>>. Acesso em: 29 Abr 2019.

Já a artista multimídia israelense-americana Nurit Bar-Shai cria vídeos, instalações e experimentos com bactérias na interface entre arte, tecnologia e biologia, utilizando o micróbio como parte integrante de suas obras interdisciplinares.

O seu projeto denominado *Objectivity* se inspirou nas pesquisas com a bactéria *Paenibacillus vortex* realizadas pelo professor Eshel Ben Jacob da Universidade de Tel Aviv sobre os sistemas de comunicação bacterianos. Essa bactéria, assim como muitas outras, apresenta um complexo sistema de comunicação que geralmente está associado ao instinto de sobrevivência do microrganismo. Esse tipo de comunicação denominado *quorum sensing*, apresenta uma resposta física nas colônias de *Paenibacillus vortex*, que dependendo das condições ambientais a que estão expostas, acabam por produzir diferentes formatos de colônias, que geralmente apresentam formas dendríticas com muitas ramificações, ou espiraladas, ou circulares.

Na série *Sound to Shape* (forma do som), Nurit Bar-Shai expõe as colônias da bactéria em crescimento nas placas de ágar a diferentes projeções de sons, de diferentes frequências e vibrações e acompanha as diferentes formas das colônias produzidas, criando assim representações visuais dos sistemas de comunicação bacterianos. As placas crescidas das bactérias são então expostas para comparação das formas das colônias pelos interatores⁸ que visitam a exposição e acompanham a instalação (figura 5).

Além da estética intrigante da obra, a pesquisadora coloca em voga as complexas maneiras que as bactérias se comunicam por meio do que ela denomina como “chemical tweets” que somente ocorrem quando a colônia atinge um número considerável de bactérias, associando assim à pesquisa fatores transversais que permitem a discussão sobre comunicação e sociologia. Mais informações podem ser coletadas no site da pesquisadora nuritbarshai.com.⁹

Estes projetos mostram um pouco da infinidade de possibilidades de pesquisas e de temas que podem ser trabalhados a partir da investigação do mundo microbiológico para diferentes áreas de criação, no entanto não existe hoje em dia um método de pesquisa voltado para pesquisas interdisciplinares com microrganismos.

⁸ Usaremos a palavra interator para designar o observador ativo de um artefato, que não apenas vê, mas interage de diferentes maneiras com o artefato, dando continuidade aos processos criativos e reflexivos do autor.

⁹ Disponível em <<http://www.nuritbarshai.com>> Acesso em: 01 mai 2019.



Figura 5. De cima para baixo: as diferentes formas das colônias formadas pelo *Paenibacillus vortex*; criação da série *Sound to Shape* com o som incidindo sobre as colônias de bactérias na placa de Petri; Nurit Bar-Shai realizando a instalação *Sound to Shape* com as placas em exposição.¹⁰

¹⁰ Fonte: Disponível em <<https://labiotech.eu/bioart/bioart-nurit-bar-shais-chemical-tweets-and-the-social-life-of-bacteria/>> Acesso em: 01 Mai 2019.

Desta forma, o objetivo deste trabalho é **elaborar um método** de criação de artefatos que utilizem os microrganismos vivos em sua constituição ou no seu processo de produção, designado como Método Microbioinspirado (MBI). Além disso, fazer testes do MBI em grupos de foco e disponibilizá-lo para a utilização por estudantes, professores e pesquisadores para estimular a criação de mais artefatos Microbioinspirados.

Para isso será adotada a complexidade e a interdisciplinaridade como bases para o trabalho de criação deste método, que é o produto resultante da tese. A complexidade se faz necessária devido a não sequencialidade das ideias e discussões que não ficam restritas em apenas uma linha de raciocínio, acontecendo em redes de acontecimentos simultâneos e diversificados que se entrecruzam, formando tramas complexas, onde novas pontes são criadas a critério do pesquisador. É nesse grande jogo de encaixe de novas peças de acordo com a profundidade da pesquisa que o MBI tem lugar.

Analisando a natureza de maneira abrangente, percebe-se que nada acontece de forma controlada e submetida a variáveis restritas. É sempre uma confluência tão grande de fatores que é difícil ter afirmações sólidas sobre um determinado acontecimento. E essa é uma das virtudes de projetos bioinspirados, a não linearidade e a ausência de verdades e certezas absolutas.

Deparamo-nos assim com o próprio conceito de Método, estruturado e pensado há tantos anos e que para Descartes (1596-1650) tinha o teor de verdade primordial e que foi relativizada com o tempo e que para algumas áreas, a mentira, pode ser uma verdade. É essencial entender esses conceitos e os discutir.

Já a interdisciplinaridade se faz presente devido à formação e entrecruzamento de áreas de estudo que é estabelecido à medida que estudamos os microrganismos. Isolar áreas e tratar os projetos como sendo de arte, de design, ou de outra área de conhecimento, não faz parte da proposição deste método. No entanto, é possível perceber em alguns dos exemplos aqui citados, que a formação do pesquisador influencia muito o ponto de partida do projeto, mas que ao longo do desenvolvimento do trabalho, muitas são as conexões com outras áreas do saber.

Teremos um foco assim no entrecruzamento da microbiologia com áreas de criação, apesar de compreendermos que todas as áreas do conhecimento são criativas. O recorte

destas áreas de criação está associado com a arte, o design, a moda, a arquitetura e áreas correlatas, que promovem a transformação do material em simbólico. E de acordo com as demandas da pesquisa, outras áreas podem ainda se integrar a interdisciplinaridade, de acordo com a necessidade.

O MBI foca apenas na criação e desenvolvimento de projetos, mas sem distinção de como será utilizado o artefato e por qual área. A formulação do projeto microbioinspirado¹¹ é o mais importante nesse trabalho, que parece processual, mas a aplicação do método tem o objetivo de chegar a um artefato final. Muitas vezes partindo de um único microrganismo, de uma característica de seu metabolismo (que ainda assim é um tema muito amplo), ou mesmo de locais e objetos onde eles estão presentes, podemos ter aplicações no design gráfico e na moda e reflexões na arte, na comunicação e na sociologia, por exemplo. Um projeto microbioinspirado pode e deve ter desdobramentos na música, na filosofia, na física, na matemática.

A proposta de criação de um método de projetos bioinspirados, ou melhor, microbioinspirados, surgiu como tema desta tese em decorrência do trabalho anterior da dissertação de mestrado, onde foi desenvolvida uma técnica de tingimento e estamparia de tecidos de fibras naturais utilizando bactérias. Analisando-se outros trabalhos de bioarte, biodesign, bioarquitetura e devido a desdobramentos diversos da pesquisa citada, percebeu-se a ausência e necessidade de um método que propusesse e organizasse a interdisciplinaridade entre a microbiologia e áreas de criação.

Essa ausência de um método microbioinspirado gera problemas de diversos tipos, como por exemplo, no momento inicial da formulação da proposta do trabalho, onde o pesquisador de uma área de criação não sabe ao certo por onde começar, e acredita que seu não conhecimento da microbiologia pode ser uma restrição ao seu trabalho, quando pelo contrário, o desconhecimento das restrições microbiológicas poderia lhe possibilitar um alargamento das oportunidades e experimentações.

Enquanto isso, o pensamento do microbiologista, geralmente associado à racionalidade presente na configuração do cientificismo e o seu ensino tradicional, diminui as suas possibilidades de tentar algo diferente porque supõe já saber se algo é possível ou

¹¹ Assim como definimos projetos bioinspirado como sendo projetos inspirados na natureza, os projetos microbioinspirados são um recorte do primeiro, propondo projetos inspirados nos microrganismos.

não baseado em seu conhecimento prévio, mesmo antes de experimentar. É importante aqui definirmos segundo Maturana (1998), que esses sistemas racionais estão baseados em premissas que são aceitas como ponto de partida, porque assim decidimos e simplesmente as aceitamos porque conscientemente ou inconscientemente, assim queremos e assim fomos ensinados.

Isso acontece talvez pelo que entendemos ser a pesquisa científica e como aprendemos a estudar ciências, onde os métodos, assim como na época de Descartes, procuram provar experimentalmente, de forma repetitiva, de acordo com parâmetros ideais, uma verdade reproduzível e absoluta.

Desta forma, a projeção do MBI tem então um objetivo acadêmico, mas também casual e informal, para utilização pelos diversos cursos e pessoas que queiram realizar processos de criação interdisciplinares com a microbiologia. O Método Microbioinspirado tem ainda um caráter reflexivo, contra as dualidades entre natureza e cultura, razão e emoção, verdade e mentira, objetivo e subjetivo.

Esses estudos da inter-relação da biologia com outras áreas de conhecimento têm sido apontados como determinantes para outra revolução na produção de artefatos, conhecimento e renovação cultural. Segundo alguns apontamentos, a biologia seria responsável por uma nova revolução industrial, após o advento da tecnologia de ponta, agregando a inovação e manipulação da genética, dos microrganismos e da natureza de forma geral, aos sistemas digitais. Essa tendência, apontada como a biologização do mundo, está cada vez mais disponível para a população, principalmente devido ao barateamento de processos e a acessibilidade a ferramentas de estudo laboratoriais.

Para o desenvolvimento do MBI foram utilizadas muitas ferramentas, desde o referencial teórico até as práticas de *workshop* com grupos focais para testar o método. Grande parte do material aqui presente foi resultado da união sistemática de dados e experiências coletadas e da produção de práticas projetuais autorais, mas conta também com estudo e análise de casos de projetos que apresentam microrganismos em seu escopo, desde a bioarte ao biodesign, sem se preocupar com denominações de áreas, mas focando no personagem principal, os microrganismos.

As ilustrações são em grande parte autorais e realizadas em nanquim, já os infográficos foram produzidos digitalmente para facilitar a compreensão do método e sua aplicação.

O desenvolvimento da tese foi realizado de maneira aberta e experimental, utilizando de ferramentas específicas para a resolução de algumas questões, e ferramentas de várias áreas diferentes para a livre experimentação. A metodologia conta ainda com registros fotográficos, análises qualitativas, e criação de livro ata de registro dos experimentos realizados e cartografias.

Um recurso prático utilizado na realização dos grupos focais foram as fichas catalográficas de microrganismos, que mesclam informações biológicas, estéticas e sensoriais de alguns microrganismos selecionados, possibilitando a sua utilização como base de informação para a realização de projetos microbiinspirados. A ideia principal destas fichas é reunir algumas características que permitam ao pesquisador, despertar o interesse pelos microrganismos e iniciar uma pesquisa microbiinspirada com os dados fornecidos, mesmo que em primeiro momento alguns dados pareçam de difícil compreensão, eles são um caminho para outros aprendizados.

Essas fichas contêm um resumo sobre o microrganismo, algumas características biológicas como a morfologia, genoma e ecossistema do mesmo, características sensíveis em relação à cor, brilho, textura, cheiro e ainda imagens sejam de microscopia, do habitat do micróbio ou mesmo de placas de Petri onde eles estão sendo crescidos para análise das colônias. Um exemplo da base desta ficha pode ser visto na figura 6.

Informações mais aprofundadas podem ser pesquisadas em atlas microbiológicos, que geralmente são atlas médicos, veterinários ou de microbiologia dos alimentos, ou em artigos científicos que trate especificamente sobre aquela espécie.

A tese é estruturada em quatro capítulos. O primeiro é a introdução que se apresenta em uma estrutura diferenciada que mescla os objetivos e a justificativa do trabalho com um breve referencial teórico; o segundo capítulo versa sobre o Método Microbioinspirado, como ele se constitui e se utiliza, as suas regras e sua estruturação a partir dos estudos sobre o método, complexidade, e interdisciplinaridade.

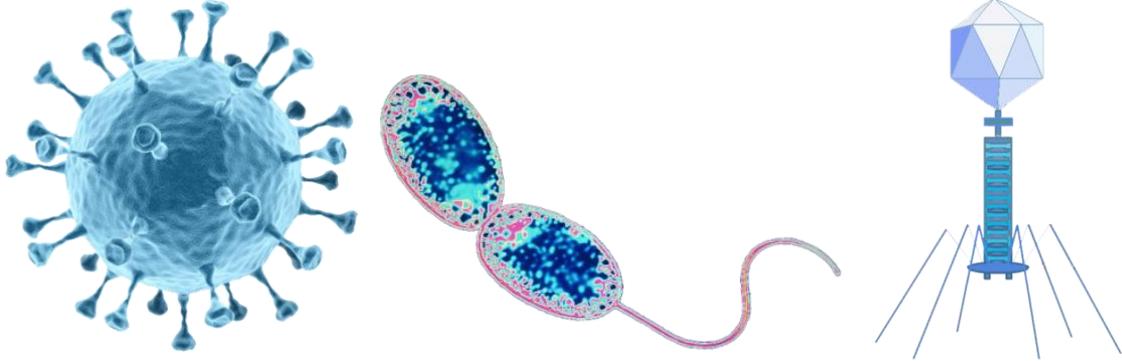
CÓDIGO MBI	<i>Nome da espécie do microrganismo</i>
<p>RESUMO Resumo sobre o microrganismo e suas aplicações em áreas criativas (arte, design, arquitetura, moda...).</p>	
<p>CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS Características relativas à investigação do microrganismo como:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Morfologia; • Genoma; • Metabolismo; • Crescimento; • Evolução; • Comunicação; • Motilidade; • Ecossistema; • Ecologia; • Patogenicidade; • Outras informações biológicas relevantes sobre esta espécie. 	
<p>CARACTERÍSTICAS FENOTÍPICAS E SENSÍVEIS Características fenotípicas presentes no microrganismo que chamam a atenção de algum dos nossos sentidos seja a visão, paladar, tato, olfato ou mesmo audição. São exemplos destas características:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cor; • Brilho; • Textura; • Cheiro; • Forma; • Sabor; • Outras características sensíveis relevantes sobre esta espécie. 	
<p>IMAGENS Apresentação de imagens do microrganismo sejam fotos de microscopia óptica, eletrônica, modelos computacionais, locais onde o microrganismo se encontra, forma das colônias, imagem de projetos que utilizam o microrganismo, dentre outras.</p> 	

Figura 6. Modelo base das fichas de microrganismos.

Já o terceiro capítulo tem caráter ilustrativo e tem como objetivo identificar e relatar alguns projetos que são bioinspirados e como eles podem ser vistos pela perspectiva do MBI, além de incluir os relatos dos grupos focais realizados para testar o Método Microbioinspirado. E por último, temos um capítulo de fechamento, que inclui as considerações finais e as perspectivas dos trabalhos microbioinspirados.

Nos anexos foram incluídos um infográfico sobre o MBI que foi utilizado para instruir os participantes dos grupos de foco, com informações didáticas e resumidas; temos ainda algumas imagens das anotações produzidas pelos grupos de foco e por último um glossário com termos técnicos ou que foram resignificados na tese.

2. O MÉTODO MICROBIOINSPIRADO (MBI)

O MBI é um método que foi criado para auxiliar os pesquisadores que desejam fazer projetos interdisciplinares fazendo o uso de microrganismos. Estes microrganismos podem fazer parte dos artefatos finais produzidos, fazerem parte do processo de produção dos artefatos ou simplesmente inspirar a criação de artefatos.

O objetivo principal deste capítulo é justamente descrever o MBI, passo a passo, com a utilização de exemplos, fazendo uso de ilustrações que facilitem a sua visualização e aplicação. Para a utilização, um infográfico que se encontra no anexo apresenta um material auxiliar para a montagem do método, que tem como prioridade ser customizável de acordo com a demanda de projeto de cada pesquisador.

Para iniciar o estudo será apresentada uma revisão sobre métodos associada ao conceito das pesquisas interdisciplinares entre a biologia e as áreas de criação, principalmente da arte e do design, tecendo um histórico no item 2.1.

Em seguida será apresentado o MBI no item 2.2, descrevendo de maneira ampla os seus conceitos e sua estruturação, de maneira gradativa e exemplificada. No item 2.3 tem-se o detalhamento de cada uma das etapas do MBI para que não restem dúvidas sobre a importância de cada item e assim possibilitando uma autonomia na utilização do método. Por fim o item 2.4 apresenta algumas fontes de pesquisas de microrganismos e experimentos para instrumentalizar o pesquisador e facilitar a execução do MBI, incluindo informações *on-line* e *off-line*.

A proposta do MBI é ser um método vivo, que pode mudar ao longo do caminho e se adequar a cada etapa realizada, assumindo conformações diferenciadas a partir das experimentações, visto que trabalhar com sistemas vivos é, sobretudo, se surpreender ao longo do processo, e não seria diferente nos trabalhos interdisciplinares microbiológicos.

É essencial para o pesquisador microbioinspirado ser acima de tudo um bom observador e investigador, pois muitos dos trabalhos da área surgiram a partir de um **outro olhar** para os microrganismos com os quais convivemos corriqueiramente, e dar-lhes novas possibilidades de utilização e torna-lhes protagonistas de uma história, ou ainda descobrir outros microrganismos e experimentar sem medo e permitir a visualização destes seres que são protagonistas no ciclo da vida na Terra há bilhões de anos.

2.1. Sobre Método

Para a criação de um método é essencial primeiramente que se entenda o que é o método, qual o seu objetivo, o que já foi escrito sobre métodos e conhecer as ideias que endossam esta pesquisa, seja na esfera filosófica, ou científica.

O método, de maneira geral, pode ser descrito como um procedimento ou caminho para se atingir um determinado objetivo. Podemos dizer que o termo método vem associado a outros termos, como processo e técnica, onde as técnicas seriam ações menos complexas do caminho, as pequenas etapas.

Já o método científico pode ser definido como:

Método científico é o conjunto de processos ou operações mentais que devemos empregar na investigação. É a linha de raciocínio adotada no processo de pesquisa. Os métodos que fornecem as bases lógicas à investigação são: dedutivo, indutivo, hipotético-dedutivo, dialético e fenomenológico (PRODANOV, 2013, pg. 24).

O método científico foi por muitos anos pensado na academia como a única forma de se produzir conhecimento, onde a partir de uma dúvida, um questionamento, o problema era decomposto em partes pequenas para chegar a respostas precisas, e assim o universo era simplificado para ser melhor entendido.

As variáveis de um problema eram elencadas, e os experimentos realizados de forma controlada, excluindo contextos e outras variáveis para se chegar a um determinado resultado, produzindo generalizações.

No entanto, é reducionista fazer apenas uma análise controlada, quantitativa e com poucos fatores envolvidos, quando pensamos que na vida real as reações e os acontecimentos são simultâneos e uma pequena mudança em um determinado processo pode desencadear uma cadeia de novas reações não lineares, principalmente em se tratando de estudos interdisciplinares.

Assim, a possibilidade de fazer uma análise sistemática desses projetos, pensando o método como uma rede e não de maneira linear, enxergando e definindo diversas variáveis de atuação, e de forma qualitativa, parece mais conveniente para esta tese.

A complexidade se torna maior quando entendemos a natureza não mais apenas como o físico, mas também como o digital, e com isso novas redes são estabelecidas interconectando, nós ciborgues, ao mundo.

Com o advento do digital, a biologia trás uma ampliação da natureza, que se integra a novos espaços graças aos avanços da tecnologia, diminuindo os custos de alguns experimentos, ampliando o conhecimento da genética, da bioinformática e da biologia celular como um todo, criando assim outras perspectivas de aplicação dos métodos. E assim, pensamos sistemas, obras, comunidades, e métodos de pesquisa com inspiração microbiológica em qualquer uma destas esferas físicas e digitais, que são indissociáveis.

Por isso, a Teoria da Complexidade ¹²constitui um meio útil para entender os processos de inovação e autorrenovação. É um outro modo de investigação das mudanças. É também um instrumento útil para entender as mudanças sociais no mundo, pois desafia as suposições convencionais de estabilidade natural, equilíbrio, processos lineares e previsibilidade. (LANA, 2011)

Atualmente, os métodos relacionados às áreas de criação estão envolvidos por um cenário de grande complexidade, sugerindo assim uma mudança de visão e adoção de equipes interdisciplinares para o desenvolvimento de projetos, com um maior compartilhamento de conhecimento e inovação.

As equipes interdisciplinares podem ser formadas desde o início da pesquisa, tornando mais frutífero o desenvolvimento do projeto desde a escolha do objeto de estudo, ou ainda podem se formar durante a execução da pesquisa, tendo uma atuação mais pontual para resolver questões mais relacionadas às técnicas de execução, que geralmente necessitam de um auxílio ferramental, mas que diminuem as possibilidades de troca.

Segundo Moggride (2008, apud Lana, 2011) é complexo trabalhar com equipes interdisciplinares, formadas por pessoas com diferentes conhecimentos. No entanto, quando o trabalho se torna fluído, surgem novas possibilidades e a criatividade acaba advindo de vários lugares, com diferentes pontos de vista.

A interdisciplinaridade vem sendo implementada no Brasil nos últimos 40 anos, apresentando fases distintas desde o surgimento dos primeiros cursos de pós-graduação interdisciplinar a partir dos anos 70. Um marco nesse processo foi à criação de um comitê na CAPES de Avaliação de Área Multidisciplinar, que em 2008 se transformou em Área

¹² A Teoria da Complexidade propõe a indissociabilidade dos fenômenos e a abordagem multidisciplinar para a construção do conhecimento.

Interdisciplinar. Essa medida reflete os números de cursos de pós-graduação interdisciplinares criados entre 2003 e 2012, com média de 34 novos cursos por ano, alcançando picos de 64 cursos interdisciplinares novos em 2010 e 62 em 2012 (PEREIRA & NASCIMENTO, 2016).

Ainda assim a interdisciplinaridade no Brasil enfrenta alguns desafios que envolvem questões desde a maior proximidade entre disciplinas de diferentes áreas do conhecimento, a adoção de metodologias interdisciplinares nos projetos de pesquisa, e os sistemas de avaliação da área até questões mais práticas como o cadastramento dos projetos, a configuração e adequação dos espaços físicos para o desenvolvimento das aulas e pesquisas, assim como uma gestão de pessoas adequada, por comportar profissionais que utilizam diferentes linguagens, além de terem diferentes temperamentos e formas de trabalhar.

A adoção da Teoria da Complexidade também apresenta alguns desafios principalmente a necessidade de se saber gerir o processo, uma vez que ele não é mais linear, acontecendo várias etapas simultaneamente, onde os resultados de alguns experimentos podem mudar completamente a direção da pesquisa, sendo mais fluído e inesperado o caminho.

É por meio da complexidade e assim, da interdisciplinaridade, que se acredita obter resultados mais aproximados, com métodos humanizados, entre a racionalidade e a emoção, visto que todo o processo está submetido a incertezas e imprevisibilidades sociais e culturais, destacando a mutabilidade, dinamismo e complexidade dos acontecimentos.

Essas mudanças na maneira de como entendemos o conhecimento e os métodos científicos que se distanciam de uma verdade absoluta aconteceram a partir de um rompimento com a história da ciência ocorrido a partir do início do século XX, principalmente com a Relatividade de Einstein e outras teorias que aproximaram a ciência do pensamento abstrato e o conhecimento das emoções.

O resultado colocado como aproximado, por exemplo, está baseado nas colocações de Bachelard (2005, pg. 17), onde “o conhecimento do real é luz que sempre projeta algumas sombras”, sendo assim algo que carece de certeza, sendo sempre aproximado, não só pela dificuldade de entendimento do que é o real, sua efemeridade e complexidade, como também pelas dificuldades epistemológicas do próprio ato de conhecimento.

Bachelard afirma ainda que o ato de conhecer normalmente se estabelece para refutar um conhecimento anterior e, para que ocorra a pesquisa, coloca a necessidade de se saber formular um problema com clareza. Os problemas não surgem espontaneamente, e é justamente no sentido do problema onde reside o espírito científico.

Veremos no item 2.2 que nem sempre inicialmente no MBI temos um problema bem formulado. Devido a essência do MBI apresentar uma forte característica exploratória, os problemas podem surgir a partir de estudos e pesquisas bibliográficas, documentais e experimentações, apresentando assim uma maior clareza e delineamento das questões em etapas sucessivas.

Para Bachelard assim, a cultura científica deve estar em constante estado de mobilização, substituindo um saber estático e fechado, por um conhecimento dinâmico e aberto, relativizando as variáveis e dando a razão um motivo para progredir. Desta maneira, um dos papéis da ciência é essa constante pesquisa, dúvida e formulação de problemas.

Assim como Bachelard põe o conhecimento do real em dúvida, Pointcaré (2011) defende que a ciência avança por aproximações sucessivas, onde uma lei é tida como aproximada e provável até que outra lei surja e seja mais aproximada e mais provável que a anterior, e assim sucessivamente.

Ainda na concepção de Pointcaré (2011) o trabalho do cientista é traduzir um fato bruto em uma linguagem mais cômoda, a científica, produzindo assim um fato científico, como se segue:

Em suma, tudo o que o cientista cria num fato é a linguagem na qual ele o enuncia. Se prediz um fato, empregará essa linguagem, e para todos aqueles que souberem falá-la e entendê-la, sua predição está isenta de ambiguidade. Além disso, uma vez lançada essa predição, evidentemente não depende mais dele que ela se realize ou não (POINTCARÉ, 2011, pg. 131).

A linguagem também é um ponto central para Maturana (2001) que em suas pesquisas para conhecer o conhecer propõem que nós seres humanos existimos na linguagem e nossa experiência como humanos também acontece na linguagem. Desta maneira, a ciência também acontece na linguagem, onde a utilizamos para criar a ciência de maneira concreta.

Nesse sentido, o MBI procura ter uma adequação da linguagem científica utilizando termos que são comuns as várias áreas de criação, criando neologismos com termos biológicos, mesclando significados e criando metáforas. Esse desenvolvimento linguístico do trabalho, também é parte essencial da pesquisa e muitos dos termos se encontram no glossário em anexo.

Ainda em relação as metodologias Baxter (2000) diz que “um projeto eficiente é aquele que une a criatividade/intuição do designer com a organização e planejamento do projeto, o que constitui um processo sistemático”.

Nesse sentido, muitos pontos precisam ser entendidos, como o que é um projeto eficiente? Pensando o projeto eficiente como sendo aquele que produz um efeito dito real ou aproximado a resposta do problema que se estabeleceu, esta seria uma das possibilidades de se definir uma pesquisa, onde a criatividade e a aplicação de um método acabam por construir um trabalho sistematizado, organizado e com efeito.

Com esse olhar sistemático de Baxter pode-se ver que as metodologias são específicas para cada um dos casos, estando ao encargo do pesquisador gerir uma equipe ou ferramentas que consigam chegar aos resultados esperados. Já no caso de pesquisas interdisciplinares, as metodologias específicas acabam sendo adaptadas para darem sentido a essa outra realidade de projeto, e por isso novos métodos interdisciplinares precisam ser pensados.

Tratando-se de sistemas interativos entre as mais diversas áreas em associação com a microbiologia, faz com que ocorra uma necessidade de utilização de uma mescla de métodos de diversas áreas. Seria reducionista diminuir as variáveis da pesquisa, além de tornar o trabalho restrito caso apenas um método linear fosse utilizado. Assim, o emprego de sistemas complexos, pensando em etapas diversificadas e muitas vezes simultâneas para atingir os objetivos propostos seja uma boa alternativa.

Isso provoca na pesquisa uma liberdade maior de ação e de tomada de decisão frente ao desconhecido, além da imprevisibilidade dos resultados e a falta de controle quando o pesquisador se depara frente a sistemas biológicos.

É claro que, devido à tecnicidade de alguns projetos, em alguns momentos o método assume um caráter mais cientificista de uma determinada área, de análise quantitativa,

principalmente nos casos em que se queira produzir um produto industrial e controlado, assim ocorrendo à utilização de ferramentas mais características de uma determinada área no lugar de outras.

Fica claro também que a adoção dos sistemas complexos com equipes interdisciplinares com alguns pesquisadores envolvidos necessita de uma boa gestão de projetos para que a equipe sempre esteja envolvida e se sinta representada tanto na pesquisa, quando nas tomadas de decisão e nos possíveis resultados.

Assim, um bom gestor de projeto ou coordenador, geralmente é uma pessoa do grupo que consegue ter um olhar para as especificidades da pesquisa e consegue delegar e se envolver em múltiplas frentes de trabalho, mas acima de tudo consegue ter um olhar panorâmico do projeto. Além disso, precisa ter maleabilidade para que todas as áreas se vejam presentes no projeto e que se enxerguem como atuantes e não apenas como executoras, somando ideias em prol da inovação. Estimular um grupo interdisciplinar, sem preconceitos, e possibilitando que os integrantes saiam de suas zonas de conforto e se arisquem em opinar em todo o processo, se caracterizando como um processo mais participativo.

Os estudos interdisciplinares com a microbiologia mostram ainda a importância da abordagem ética na realização dos experimentos, produzindo não somente artefatos questionadores, mas também processos reflexivos.

Continuando o estudo sobre método, mas aliando a interação entre as áreas de criação e a biologia, agora seguiremos por um breve levantamento histórico de momentos que marcaram essa relação.

Historicamente, percebemos que essa relação do homem com a natureza, como objeto de pesquisa sempre existiu, mas teve sua abordagem e observação de uma forma mais precisa a partir do período do Renascimento, marcado por grandes descobertas científicas e com grandes avanços para a humanidade, sendo um dos seus grandes entusiastas Leonardo da Vinci (1452-1519), que empregou com maestria muitas de suas análises em seus projetos de arquitetura e desenvolvimentos de produtos.

Vale resaltar que nesse período a maioria dos estudiosos transitava e produzia em diversas áreas que tinham mais afinidade, realizando pesquisas na medicina, na física, na

engenharia, até mesmo porque muitas dessas áreas não eram formalizadas ou tinham uma formação curricular obrigatória. Como não havia escolas, também não existiam padronizações de método, assim cada criador e suas experimentações e observações acabavam por gerar suas obras, quase sempre com espírito investigativo e sem regras.

Foi em 1637, que o filósofo moderno, físico e matemático francês René Descartes (1596-1650), escreveu o seu Discurso do Método, que dividido em seis partes, resume as ideias e os instrumentos com os quais para ele, qualquer um pode descobrir a verdade.

Durante a elaboração de seu método, Descartes acreditava que pouco ou praticamente nada do que um dia tivesse aprendido, poderia lhe ajudar na elaboração do seu método. Preferiu se inspirar na matemática, que apresenta raciocínio certo e evidente e, mais especificamente, nos princípios da geometria e da álgebra por proporcionarem maior unidade e simplicidade ao seu método. Além disso, deduziu que apenas quando uma só pessoa trabalha em uma obra, ela tende a ser concebida com perfeição.

Desta forma, Descartes criou para o seu método quatro regras, que se seguidas formariam um instrumento confiável para solucionar qualquer dificuldade no estudo das ciências. Resumidamente as regras eram: (1) – somente aceitar como verdadeiro o que não gera mais nenhuma dúvida; (2) – dividir as dificuldades em quantas partes fosse possível para que sejam de fato examinadas; (3) – ordenar os pensamentos dos mais simples aos mais complexos, estabelecendo uma ordem gradativa entre eles; (4) – realizar as enumerações e revisões mais completas e amplas possíveis para assegurar que nada seja omitido.

Essas regras ainda se encontram presentes em muitas pesquisas na atualidade, principalmente a primeira, onde uma verdade somente é alcançada quando não pode ser refutada.

Apesar de para as ciências puras algumas verdades serem irrefutáveis, talvez seja mais interessante pensarmos de maneira a entender que a verdade é apenas temporariamente atingida, refutá-la faz com que ela possa ser aprofundada e continuamente trabalhada, como no processo constante de adaptação dos seres vivos, e da natureza como um todo, às constantes transformações da Terra.

Deste modo, meu objetivo não é ensinar o método que cada um deverá seguir para conduzir bem sua razão, mas somente fazer ver como eu tenho procurado conduzir a minha (DESCARTES, 2006, pg. 30).

Desta maneira o MBI é um método que está aqui demonstrado como tenho procurado conduzir um método que envolve áreas de criação e microrganismos, para auxiliar em um percurso interdisciplinar.

Dando um salto na história, o próximo período de destaque e que vemos uma aproximação entre o mundo biológico e as áreas de criação é o *Art Nouveau*, ao final do século XIX, onde a natureza foi mais uma vez evocada em imagens que utilizavam plantas, insetos e outros animais como inspiração formal, e que pôde ser viabilizada devido ao ascendente desenvolvimento da indústria como um todo, possibilitando a utilização de novas matérias primas, como o ferro, o bronze e o vidro. Evidencia-se nesse sentido a grande importância do desenvolvimento tecnológico e seu reflexo na produção de artefatos é marcante na modernidade e contemporaneidade.

Destacam-se nesse período, tanto na arte, no design e na arquitetura, as figuras de Gustav Klimt (1862-1918) e Antoni Gaudí (1852- 1926) que produziram roupas, esculturas, edifícios, mobiliários, pinturas, dentre outros.

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 à natureza utilizada como efeito metafórico, simbólico ou decorativo (MYERS, 2012, p.11).

Apesar dos microrganismos terem a sua morfologia (forma) observada desde 1683 por Anton van Leeuwenhoek (1632-1723) graças as suas sucessivas criações e evoluções do microscópio óptico, as estruturas dos microrganismos não eram utilizadas formalmente por muitos artistas na época. Essa relação entre a forma microscópica, que poderia surpreender quando aplicadas na criação de artefatos na escala macroscópica, acabaram sendo deixadas de lado.

Quem também desenvolveu um interesse pelos microrganismos nesse período foi Ernst Haeckel (1834-1919), um biólogo, filósofo, médico, professor e artista alemão que teve uma extensa obra de desenvolvimento de ilustrações científicas com foco na taxonomia, sendo atribuído a ele, por exemplo, a sugestão para a criação do reino protista para vincular aqueles organismos que não conseguiam ser classificados no reino *animalia* ou *plantae*, como é o caso das euglenas e os radiolários, que viraram um atlas desenvolvido por ele em 1862 em Berlim (figura 7).

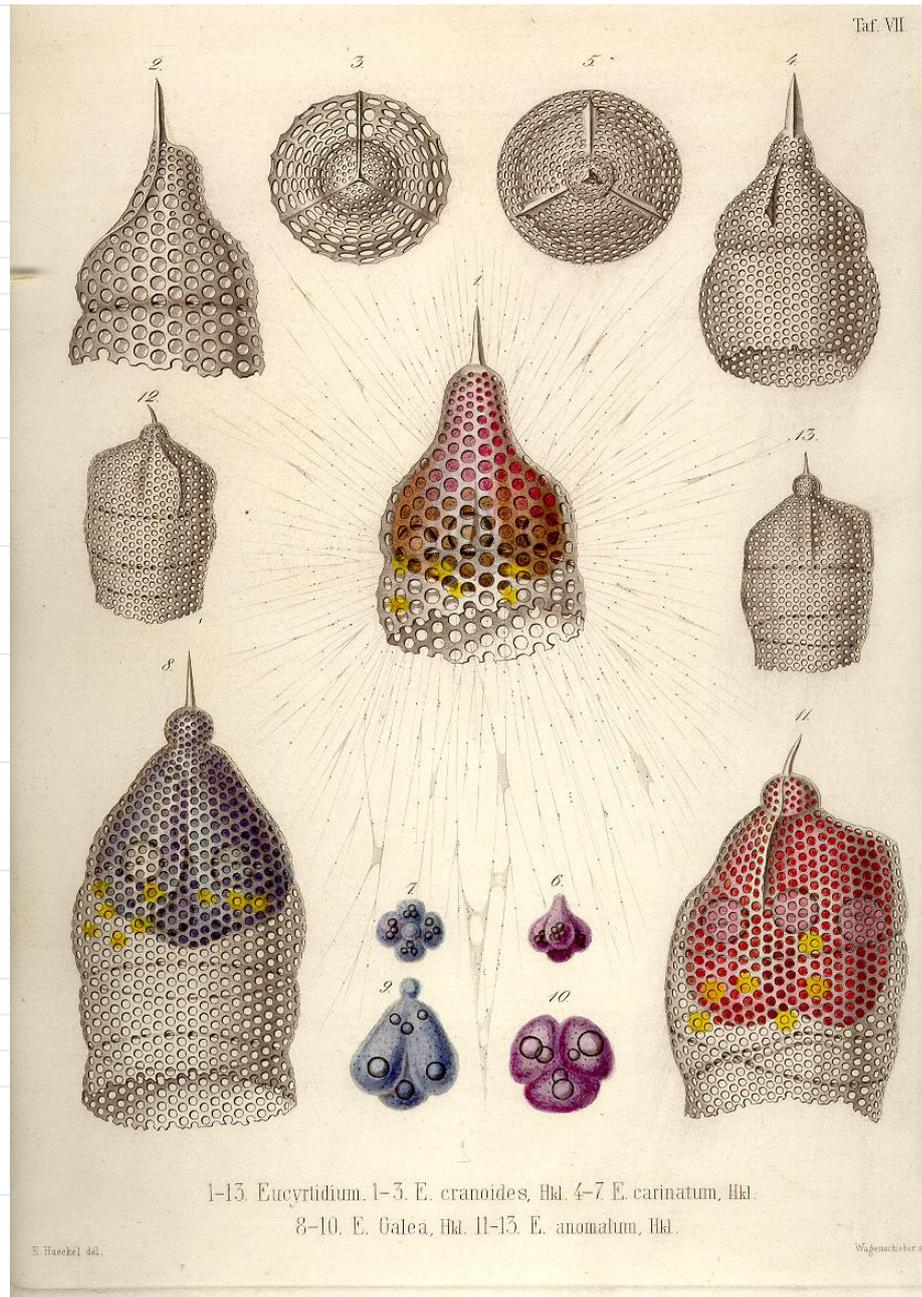


Figura 7. Prancha de ilustração científica publicada no atlas de radiolários desenvolvido por Ernst Haeckel em 1862 mostrando o seu interesse e preocupação com a taxonomia e criação do reino protista. Observe como as formas destes microrganismos são inspiradoras para a criação de artefatos.¹³

¹³ Fonte: Disponível em < <http://caliban.mpiz-koeln.mpg.de/haeckel/radiolarien/>>. Acesso em: 05 Mai 2019.

Foi também no século XIX, que o filósofo e matemático Henri Poincaré formulou a teoria de que o processo criativo apresenta diversos estágios, entre eles a preparação, incubação, iluminação e verificação. Desta forma, várias combinações de ideias seriam feitas e testadas pelo inconsciente e somente aquelas que apresentassem alguma harmonia seriam selecionadas (STROSBURG, 1999).

Essa teoria de Poincaré, que por sua sistematização em etapas poderíamos classificá-la como uma metodologia de criação é utilizada em muitos cursos universitários até hoje, sendo base para as aulas de criação, principalmente para que os estudantes incorporem em seus processos os momentos de incubação, onde o inconsciente estabelece ligações entre as diversas ideias pesquisadas, e a iluminação sendo o momento de registro das melhores conexões que ocorrem nesse processo e não um momento de inspiração divina.

Dando mais um salto na história, foi a partir da década de 50 que uma nova revolução alteraria a configuração social e industrial do mundo, a revolução trazida pela informatização. Novas formas de pensar e produzir foram inventadas e com isso, custos com ferramentas e fabricação foram cada vez mais barateadas e os custos com planejamento, preparação e codificação, onde se encontra o trabalho do autor, foram em muito valorizados.

Foi neste período que observação da natureza para ser utilizada como inspiração ou resolução de problemas humanos foi estabelecida como método Biomimético em 1957, termo utilizado pela primeira vez por Otto H. Schmidt para caracterizar justamente as analogias e inspirações formais e funcionais a partir dos estudos dos sistemas naturais. (LACERDA; SORANSO; FANGUEIRO, 2012).

Janine Benyus, uma das mais importantes estudiosas da biomimética, justifica o seu processo de inspiração pela natureza principalmente devido à evolução e a seleção natural, onde se pode aproveitar de uma sabedoria da natureza construída ao longo de 3,8 bilhões de anos, desde a primeira bactéria.

Na visão de Benyus o foco na natureza está principalmente como fonte de inspiração, como métrica para o desenvolvimento de alguns processos e analogias. Não necessariamente o elemento natural fará parte do produto final em seus projetos, sendo muitas vezes utilizada apenas uma característica do ser vivo.

Assim como Benyus, Frosch (1989) propõe que o processo industrial pode ser planejado como um ecossistema, onde toda sobra se torna matéria prima para outro

processo, possibilitando assim processos mais naturais e sustentáveis. Essa visão não somente da natureza apresentando ciclos como os de nutrientes, mas a produção de artefatos e de produtos industriais cíclicos nos leva a uma questão contemporânea de produção, as práticas sustentáveis.

Para obter um desempenho ecológico, 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. (BENYUS, 2012).

Já o desenvolvimento e aliança da tecnologia com a bioarte permitiu ao público ter diferenciadas experiências estéticas na arte e tecnologia. Isso proporcionou o surgimento de outro olhar do artista, que concebe seu trabalho como um projeto-processo, que necessita de um estudo teórico do tema, aplicando várias tecnologias e envolvendo uma equipe interdisciplinar para proporcionar a sua realização (ZARINA, 2016).

Percebe-se assim que a bioarte já apresenta uma inclinação maior para atuar na interdisciplinaridade e que mostra o método como um processo aberto, em constante construção e experimentação, e que não necessariamente necessita chegar a um artefato finalizado, mas que pode estar em constante construção e modificação, com a prerrogativa da obra viva que conduz a reflexões e interações com o interator.

Essa interação arte/tecnologia/biologia teve o início de sua expressão na década de 50, com o advento das tecnologias computacionais, por vezes montados, programados ou construídos por especialistas de diferentes áreas devido à restrição do entendimento técnico do projeto. Essas pesquisas somente tiveram uma maior produtividade a partir dos anos 90, quando o custo da síntese de DNA caiu drasticamente, assim como o aço e os computadores, indicando sua popularização e a acessibilidade das técnicas.

Para Dubberly (2008), a biologia tem feito grandes descobertas, como os organismos fazem codificação, armazenagem, reprodução e transmissão do DNA, mapeamento de rotas de sinalização celular, indicando que a biotecnologia dominará a cena atual, assim como a tecnologia teve e tem destaque desde 1950. A interação entre a biologia e outras áreas tem buscado outros compromissos não tão científicos como também poéticos.

Assim surge o conceito de Biodesign onde para Antonelli (2012), a proposta 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. Essa visão da autora coloca os artefatos em um novo patamar, de certa forma, apesar dos cuidados com manutenção, os mesmos se tornam mais autosuficientes, mais vivos, naturais e integrados ao ecossistema.

Uma das grandes vantagens deste tipo de projeto é que uma vez esgotado o produto, ele poderia voltar integralmente à natureza, associando o ciclo de vida do produto ao ciclo de decomposição da matéria (LASKY, 2013). Dessa maneira teríamos de fato a integração entre os ciclos dos produtos com os ciclos biológicos da vida.

É provável que a biotecnologia vá dominar nossa vida e nossas atividades econômicas durante a segunda metade do século XXI, assim como a tecnologia computacional dominou nossas vidas e economia durante a segunda metade do século XX (DUBBERLY, 2008, pg.1 apud DYSON, 2008, tradução nossa).

Será possível ver nos estudos de caso descritos no item 3.2, como esses projetos são desenvolvidos, de maneira a entender melhor essa forma de pesquisa e pensar como eles poderiam ser desenvolvidos utilizando o MBI. Por enquanto é bom ter a percepção que essas áreas interdisciplinares necessitam de uma metodologia de trabalho, que busque soluções mais completas nas mais diversas áreas do conhecimento.

Segundo Detanico, Teixeira e Silva (2010), a criatividade para encontrar soluções para projetos de design, nasce com frequência dessa relação com a natureza e descrevem a metodologia adotada para esse tipo de processo em três macro etapas de acordo com Romano (2003), intercalada por análises de resultados.

Essas três etapas são as seguintes: (1)- *planejamento*, envolvendo as ações de estruturação do projeto, construindo um conhecimento prévio e selecionando ferramentas para que a pesquisa tenha unicidade e uma trajetória com começo e fim; (2)- *projeção*, que envolve a transformação do projeto em informações técnicas sendo realizados os processos de projeto informacional, conceitual, preliminar e detalhado do produto; (3)- e por fim a *implementação* da solução técnica proposta e do plano de produção, contemplando o lançamento e validação do projeto.

Analisando dessa forma, teríamos então um processo metodológico linear, caracteristicamente científico e aparentemente controlado e preciso, mas é necessário

analisar a estrutura destas macro etapas, assim como perceber que os projetos devem ser analisados individualmente.

De forma geral, a metodologia elaborada pelos autores mostram etapas de projeto de criação assim como já colocado por Henri Poincaré, e que é algo recorrente em muitas metodologias de design e de áreas multidisciplinares. A dúvida que fica pelo exposto é se de fato temos dados suficientes em uma pesquisa prévia para em um primeiro momento enumerar as ferramentas que serão utilizadas ao longo da pesquisa.

Os experimentos com microrganismos algumas vezes apresentam resultados inesperados, e assim fechar a metodologia de trabalho em etapas iniciais possa talvez restringir os resultados e guiar a pesquisa por um caminho único, deixando inexplorada diversas potencialidades do projeto.

A natureza foi, é, e será uma fonte infinita de inspiração criativa para a humanidade. Os sistemas biológicos que residem na natureza são caracterizados pela sua complexidade, sensibilidade e flexibilidade, pela sua capacidade de adaptar-se a ambientes em mudança, e pelo seu elevado grau de fiabilidade (SOARES, 2008, pg. 25).

Assim, de acordo com o pensamento de Soares (2008), talvez a própria natureza possa inspirar a adoção de uma metodologia para trabalhos de criação, de forma que sejam mais flexíveis e adaptáveis, de acordo com a sua complexidade. O que reforça o pensamento adotado no MBI, que o próprio caminho adotado tenha a propriedade de ser experimental e adaptável, com bifurcações e convergências ao longo de sua trajetória.

Antonelli (2012) também acredita nessa mudança de visão das metodologias exigidas para estudos interdisciplinares com a biologia, acreditando que as consequências e lançamentos provenientes dos projetos envolvendo ciências, 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.

Pode ainda servir para atender a demanda de tecnologias mais limpas e a possibilidade do interator criar produtos sem sair da sua casa. Criar e construir projetos utilizando bactérias e outros organismos vivos tem se tornado uma necessidade e uma possibilidade tecnológica.

2.2. Sobre o Método Microbioinspirado (MBI)

Muitas das concepções que temos do que é um método vem ainda da formação do pensamento filosófico e científico do mundo moderno, onde o método assume o caráter de ordem para se chegar a um conhecimento absoluto, assim o método científico seja em Francis Bacon (1561-1626) ou em René Descartes, era a busca por um conhecimento verdadeiro amparado pela experimentação como validadora e geradora de uma autoridade do saber.

A modernidade traz consigo uma divisão entre ciência e filosofia, onde o objeto de estudo da ciência é o mundo natural/físico, e o da filosofia o humano/espiritual. A concepção do método após a separação entre ciência e filosofia apresenta caráter mecanicista e determinista, onde não se questionava a finalidade da produção do conhecimento científico e nem se faziam críticas aos seus procedimentos.

Com o cientificismo é possível perceber que cada vez mais o método passou a ser visto como um instrumento e ter um significado associado a um conjunto de processos e técnicas para se atingir um objetivo, com apelo racional, neutro e objetivo que capta apenas recortes controlados da realidade. O método científico, neste período, estabelece um saber fragmentado, disfarçado de conhecimento universal e infalível.

Passando então ao pensamento de Immanuel Kant (1724-1804), percebemos uma alteração no pensamento filosófico tradicional, onde a concepção do método coloca o sujeito como organizador e construtor da experiência, de acordo com a ordenação que o pensamento faz dos fatos, inserindo o sujeito e suas experimentações na tomada de decisão. Já Georg Hegel (1770-1831), vai além do pensamento kantiano, pois não coloca o conhecimento apenas com foco no entendimento daquilo que é ou existe, mas principalmente na assimilação do processo pelo qual as coisas vêm a ser, destacando assim a importância do processo.

Avançando cronologicamente para o mundo contemporâneo, vemos um foco na discussão e questionamento da infalibilidade do conhecimento científico. Karl Popper (1902-1994), por exemplo, coloca que em um modelo hipotético-dedutivo, o que deve ser testado e validado não é a veracidade de uma hipótese e sim a possibilidade de sua refutação.

Também nesse sentido, Thomas Kuhn (1922-1996) mostra que os enunciados científicos são transitórios e perenes, e que desta forma, a ciência não funciona com verdades irrefutáveis.

Aqui nesta tese consideraremos método e ciência de acordo com os pressupostos de Humberto Maturana (1928) e Edgar Morin (1921), onde em uma concepção contemporânea de método, não se procura estipular regras irrevogáveis, e com uma visão panorâmica não se estabelece também uma separação entre ciência e filosofia, baseando-se em um conhecimento interdisciplinar e experimental, onde a validação está na sucessão da vivência do observador.

Existem apenas explicações científicas enquanto proposições de mecanismos gerativos que são aceitas como válidas exclusivamente na medida em que são parte da satisfação do critério de validação das explicações científicas, e afirmações científicas enquanto afirmações que são aceitas como válidas porque surgem direta ou indiretamente como resultado da aplicação das explicações científicas (MATURANA, 2001, pg. 135).

Para Maturana (1998), as explicações científicas têm validade porque tem coerência na experiência do viver do espectador, e é por isso que a ciência tem poder.

Já para Morin (2015), e a construção do pensamento complexo, a inserção da incerteza e a colocação do pensamento como sendo capaz de reunir, contextualizar, globalizar e ao mesmo tempo reconhecer o singular, o individual, onde o processo do conhecimento leva em consideração o meio, a existência, a afetividade, os desejos, a solidariedade e a ética.

Assim, o MBI foi concebido e continuará a ser construído e modificado como um sistema vivo, processual, baseado em um desenvolvimento histórico, individual e coletivo, oriundo de uma prática não linear, sensível e ativa.

Essa ideia de um método ativo e processual deve-se ao fato de que a construção do pensamento científico clássico nos conduz a entender o método como fim, justamente por restringir, imaginando que apenas tem caráter verdadeiro aquilo que é hermético, e se encontra concluído para a compreensão de quem lê e estuda. No entanto, é necessário acrescentar a essa equação do método o pensamento do leitor e pesquisador que pode e deve tirar suas próprias conclusões de um estudo ou de utilização de um método, que permanece aberto como em um contínuo processo de aprendizagem, que a partir de novos

estudos e experiências se modifica, assim como o conceito de cartografia, não estático e que se renova com o tempo, quando são incluídas novas variáveis.

Essa renovação ocorre principalmente em métodos que envolvem as áreas de criação, onde apesar de prevermos um objetivo, ou seja, a necessidade de se chegar a um resultado, não necessariamente se tem uma resposta correta. A ideia de resposta correta restringe a pesquisa e a criatividade, que são vitais para um primeiro momento representativo do MBI.

Vale mencionar também que não necessariamente um objetivo está claro e definido nos primeiros momentos da pesquisa, sendo necessária a exploração e entendimento dos fatores que permeiam o estudo, um período de pesquisa e maturação para conseguir se encontrar um problema de pesquisa e um objetivo mais exato. Desta forma foi criado o Método Microbioinspirado, com a proposta de não restringir a pesquisa inicialmente.

O MBI consiste em um método de criação e execução de projetos interdisciplinares que utilizam microrganismos como ponto focal da pesquisa, pensando os micróbios não apenas como uma ferramenta, mas com uma ampla variedade de utilização e vinculações, podendo inclusive, os mesmos estarem presentes fisicamente nos artefatos finais da pesquisa.

Para isso tornou-se necessário pensar no vocabulário a ser utilizado no método e seus significados. Algumas palavras já conhecidas assumem novos significados, produzindo neologismos¹⁴ e ressignificações, que podem ser encontradas no glossário desta tese, caso necessário.

O MBI foi criado de maneira modular, podendo o pesquisador ir associando etapas, selecionando-as de acordo com as demandas à medida que o trabalho é executado e atinge objetivos específicos. É assim, um método vivo que de acordo com as variáveis presentes em um determinado momento, vai assumindo novos formatos, configurações e caminhos, formando pontes e entrelaçamentos.

¹⁴ A palavra morfologia, por exemplo, apresenta uma ampliação do seu significado, fazendo referência a estrutura externa dos microrganismos, mas fazendo referência também a um ciclo do MBI onde a pesquisa já está melhor estruturada, e ainda as formas que o MBI pode assumir em cada projeto de pesquisa.

Logisticamente, mais por uma questão formal do que necessariamente funcional, o Método Microbioinspirado foi dividido em três grandes ciclos, ou fases, aqui caracterizados como *Momentums*.

Momentum para Immanuel Kant e na mecânica clássica é descrito como uma ação instantânea de uma força sobre um corpo. Já no conceito da lógica matemática, é uma fase ou estágio de uma demonstração ou de um raciocínio qualquer. E por último, *momentum* pode ainda estar associado ao conceito de impulso, movimento e mudança.

Assim, adotaremos aqui o termo *Momentum* como sendo um ciclo do MBI, que tem a percepção de ser algo dinâmico, que está em movimento, que tem ação de uma força, um impulso.

Os ciclos são muito importantes para o MBI assim como são para a natureza como um todo, e estão presentes de forma macroscópica até molecular em todos os seres vivos. Recordo-me sempre da clássica frase de Antoine Lavoisier (1743-1794) ao imaginar os ciclos da natureza, onde “Na natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma”.

Vale aqui incluir que minha primeira lembrança de aprender um ciclo da natureza, quando tinha apenas sete anos, foi o ciclo da água. Lembro-me de um livro que tinha como protagonista uma gota d’água que caía de uma nuvem, e ali começava sua jornada, passando pelo solo, chegando aos lençóis freáticos, a um rio, e o mar, até voltar a ser vapor e virar nuvem. Acredito que o que mais me fascinava na história era a sua moral de que tudo se renova, e que a vida era assim, feita de ciclos. Além disso, a personificação de uma gota d’água, que tinha sentimentos como alegria, medo, dor, raiva, era muito reconfortante e de certa maneira me fez ver despretensiosamente e de maneira singela, cada um destes sentimentos em mim, sem que viessem associados à culpa, porque eram espontâneos, até para uma gota d’água.

Em um segundo momento, me recordo de aprender o ciclo de nutrientes na natureza, onde toda a matéria viva criada em algum momento voltava para a natureza e se renovava por intermédio de seres que realizavam a decomposição da matéria orgânica, os microrganismos. Eles eram ali a peça chave no ciclo da matéria orgânica, e a minha primeira percepção da importância e valor dos micróbios.

Esse conceito do ciclo da matéria orgânica conduz ao conceito de autopoiesis de Varela, Maturana e Uribe (1974), onde os seres vivos são sistemas que continuamente produzem a si mesmos, recompondo os elementos desgastados, sendo assim sistemas ao mesmo tempo produtores e produtos. No entanto, para que esses sistemas consigam se recompor, eles dependem de recursos do meio ambiente, tornando-se autônomos, mas também dependentes.

Esse paradoxo dos sistemas vivos não pode ser analisado com viés linear onde tudo se simplifica pelo binarismo, e as variáveis são tratadas de maneira separada. Recorre-se assim ao raciocínio sistêmico de Morin, já citado, onde os fatores são examinados nas relações dinâmicas entre eles. As máquinas autopoieticas ¹⁵são desta maneira, produtoras e produtos herméticos, circulares, e os autores acreditam que ao compreendê-las, podemos compreender os organismos.

Considere por exemplo, o caso da célula: ela é uma rede de reações químicas que produzem moléculas que pelas suas interações gera e participa repetidamente da mesma rede de reações que as produziram, e que torna a célula uma unidade material (VARELA, MATURANA E URIBE, 1974, pg. 188, tradução nossa).

Imaginemos então o *Momentum* como a descrição da célula, que forma redes de ligações entre as suas etapas constituintes, em um mecanismo de retroalimentação, mas que também capta e depende de informações externa a ele.

O Momentum é algo fluído que pode assumir novas formas dependendo das forças aplicadas, que apresenta movimento, como uma célula, que é maleável devido a membrana citoplasmática que a envolve, formada por uma camada dupla de moléculas com parte apolar e polar, ou como uma bolha de sabão que assume muitas formas dependendo do vento, assumindo diversas conformações.

O MBI apresenta então três *Momentums*, três ciclos, onde chamaremos um deles de **Momentum Rep**, de representativo e o ilustraremos com hexágonos de cores frias (tons de azul), o **Momentum Cell** em referência a estrutura celular e o ilustraremos com um círculo cinza, e o outro de **Momentum Morf**, de morfológico, e o ilustraremos com hexágonos de cores quentes (tons de amarelo e vermelho). Cada um desses *Momentums*, em cada um desses ciclos, várias etapas podem ser selecionadas, o que veremos mais a frente (figura 8).

¹⁵ Entende-se por máquinas autopoieticas, máquinas que continuamente produzem a si mesmas por meio da produção de seus constituintes, sob uma constante de desequilíbrio e reequilíbrio.



Figura 8. O MBI é formado por três ciclos: o Momentum Rep (representado por um hexágono de cores frias), o Momentum Cell (representado por um círculo tracejado cinza) e o Momentum Morf (representado por um hexágono de cores quentes).

O **Momentum Rep** tem uma característica mais associada à ideação, onde o pesquisador fará um trabalho mais associado a um levantamento de ideias, investigação, descobertas, conexões, desde uma esfera teórica até a prática, pois acreditamos que ambos são indissociáveis. É neste ciclo, por exemplo, que faremos a investigação do microrganismo, explorando suas várias possibilidades de aplicabilidade de acordo com sua estrutura, metabolismo, genética, dentre outros.

A designação como representativo surgiu justamente pelo vasto caráter da palavra representação, onde podemos entender como performance, atuação, como ideia, imagem e concepção, ou ainda como delegação. O momentum representativo tem como objetivo a pesquisa, os levantamentos de fatores interdisciplinares, investigando os microrganismos e os aspectos físicos e sensíveis que os envolvem.

Já o **Momentum Morf** apresenta uma pesquisa já com forma, estruturada, sendo responsável pela execução do artefato. Aqui a pesquisa se encontra com as ideias já conectadas, formando tecidos, redes de ideias, que antes no Momentum Rep, estavam soltas e desconectadas. O Momentum Morf apesar de já apresentar uma pesquisa estruturada, com problema e objetivos já claramente definidos, ainda assim pode ser fluída, permitindo a entrada de novos fatores do meio externo, assim como efetivando reconfigurações de seu conteúdo quando necessário. É no momentum morf que faremos a seleção das ferramentas para crescer os microrganismos, testá-los nos artefatos, analisar os problemas de produção e criação, dentre outros, com o objetivo de materializar o artefato, seja ele físico ou digital.

Morf, vem do termo morfologia, que quer dizer estrutura, que apresenta forma, que tem uma configuração, mas que permanece como uma forma fluída, viva, em constante modificação, como os ciclos da natureza.

A passagem do Momentum Rep para o Momentum Morf é conectada por um momentum essencial, que em referência a unidade formadora dos seres vivos, e a autopoieses, denominamos de **Momentum Cell**. Esse é o ciclo de formação das células de conhecimento, entendendo que dentro dele existem redes de ideias conectadas, que se retroalimentam em um processo contínuo de ser máquina e ao mesmo tempo produto.

É no Momentum Cell que as pesquisas realizadas no Momentum Rep se cruzam, se conectam, se valorizam ou excluem, modelando claramente os problemas e objetivos da pesquisa, que podem ser apenas um e originar apenas um Momentum Morf, ou variados e criar diferenciadas possibilidades de Momentum Morf, gerando assim mais de um artefato.

Na figura 9 vemos justamente a divisão do Método Microbioinspirado em três *Momentums*, o Momentum Rep de cores frias e o Momentum Morf de cores quentes. Os dois ciclos se conectam pelo Momentum Cell de cor cinza, que permite a transformação de um momentum no outro.

Os *Momentums* Rep e Morf apresentam suas etapas representadas por formas hexagonais, que irão permitir múltiplos encaixes entre elas e as suas etapas. Já a etapa de Cell será representada por uma forma circular, com linha tracejada, para intensificar a ideia da formação de uma célula, a formação de uma membrana semipermeável, atribuindo forma e ainda assim interconectando e permitindo trocas entre o meio interno e externo.

Como pode ser visto ainda na figura 9, pode-se iniciar o método pelo Momentum Rep, ou pelo Momentum Morf, mas normalmente o Momentum Rep é o momentum inicial da pesquisa. Independente de qual ciclo se inicia primeiro, o Momentum Cell, sempre marcará a passagem de um ciclo para o outro.

Os dois *Momentums* apresentados se dividem em cinco etapas cada um, que não precisam ser todas selecionadas e nem utilizadas durante a pesquisa, ficando ao critério do pesquisador a sua seleção e ordenação. Desta maneira, os *Momentums* assumem múltiplas formas e sequências, podendo inclusive ter etapas simultâneas na formação destas redes de etapas.

As cinco etapas do **Momentum Rep** encontram-se abaixo associadas a algumas questões como exemplo para que se entenda melhor o que cada uma delas investiga:

1. Seleção do microrganismo. Qual microrganismo irá ser utilizado? É uma alga, fungo, protozoário, arqueia, bactéria ou vírus?
2. Seleção dos fatores transversais que permeiam a pesquisa. Quais fatores estão envolvidos no desenvolvimento do projeto? Existem fatores sociais e éticos atrelados à pesquisa? Quais outros fatores estão envolvidos?

3. Seleção dos fatores sensoriais da pesquisa. Quais características que sensibilizam nossos sentidos estão associadas ao microrganismo? Existe uma cor ou cheiro que chame a atenção? O que mais te sensibiliza nesse microrganismo?
4. Investigação do microrganismo. Em quais características dos microrganismos podemos nos aprofundar? Saber sobre genética das bactérias pode me ajudar em o que?
5. Seleção de um problema, artefato ou processo a ser criado ou repensado. Qual o problema que gostaria de resolver? Esse problema implica na produção de um artefato final que contém o microrganismo ou é apenas uma questão teórica?

Cada uma destas etapas será especificada detalhadamente no item 2.3.1, mas é possível perceber o caráter mais investigativo, ligado à pesquisa e a interdisciplinaridade, entre os fatores físicos e sensíveis, presente nas etapas do Momentum Rep.

Já o **Momentum Morf** apresenta as seguintes cinco etapas também associadas a algumas questões para iniciarmos a compreender o objetivo das etapas:

1. Seleção de técnicas, ferramentas e experimentos. Quais técnicas serão utilizadas para produzir o artefato? São conhecimentos específicos da biologia ou da arte? O que preciso para realizar os experimentos?
2. Compreensão e análise dos resultados. O que os resultados me dizem? É necessário refazer algum experimento? O resultado alcançado é suficiente?
3. Resolução de problemas. Vistos os problemas encontrados, qual a melhor saída para resolvê-lo? Seria possível alterar alguma decisão tomada anteriormente para criar novas possibilidades? Qual caminho tomar diante de tais impedimentos?
4. Apresentação de discussões sobre a pesquisa e os resultados. A pesquisa alcança os objetivos aos quais se propôs? O que pode ser melhorado? Qual a contribuição da pesquisa?
5. Proposição perspectivas de projeto. Quais caminhos a pesquisa pode ainda tomar? O que ficou em aberto e serve como uma pesquisa futura? O Momentum Cell poderia ter originado diferentes Momentums Morf?

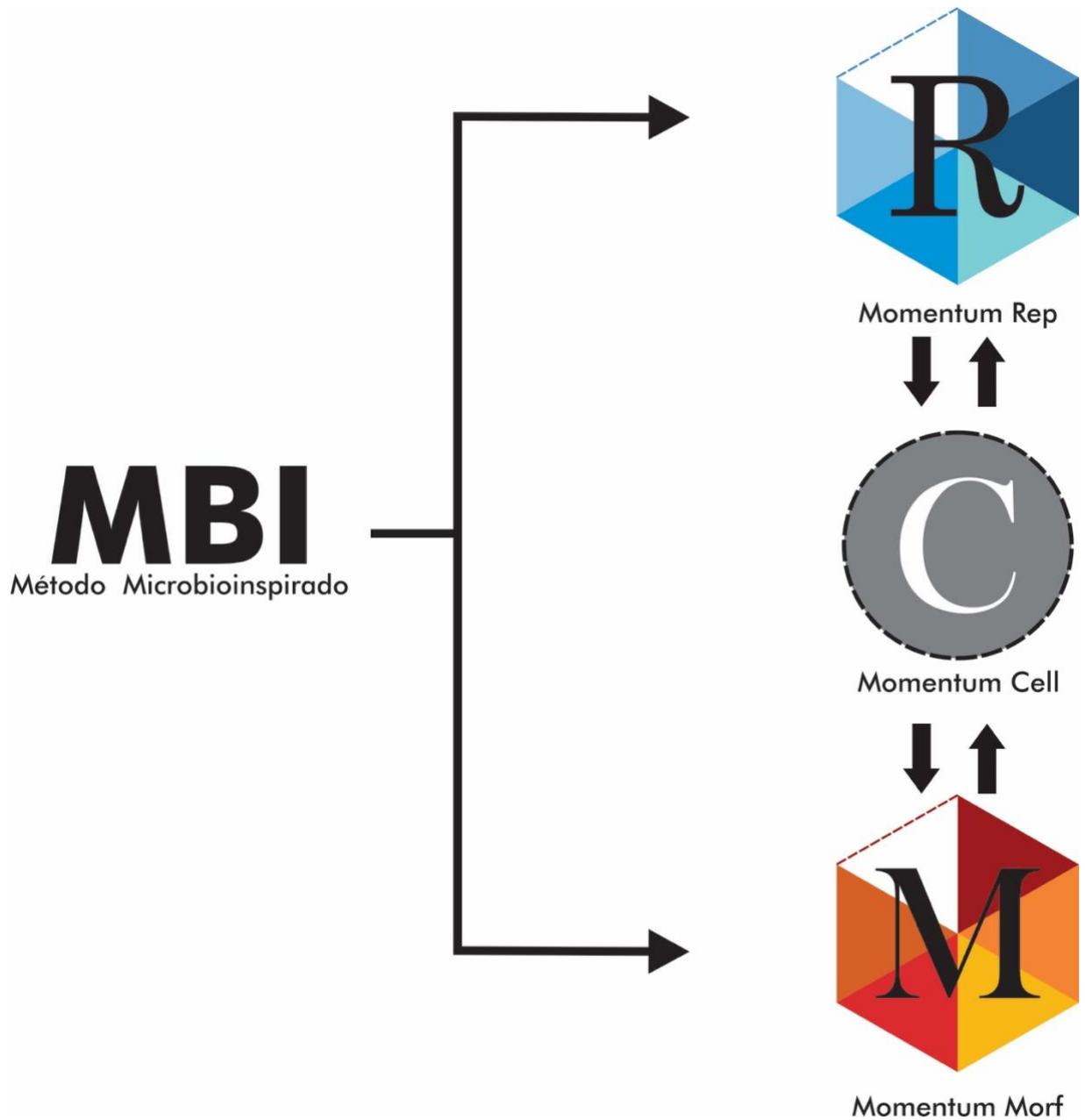


Figura 9. Divisão do MBI em três *Momentums*, o Momentum Rep e o Momentum Morf, interconectados entre si pelo Momentum Cell. Independente se iniciado pelo Momentum Morf ou Momentum Cell sempre marcará a passagem de um ciclo para o outro no MBI.

Percebe-se assim, que o ciclo do Momentum Morf tem caráter mais ligado a exequibilidade da pesquisa, a viabilização do projeto, incluindo a produção do artefato, mas não se encerrando por aí, traçando sempre novas perspectivas da pesquisa. O aprofundamento do Momentum Morf será realizado no item 2.3.3.

As etapas do **Momentum Morf** e do **Momentum Rep** podem ser vistas na figura 10, onde os hexágonos de cores frias estão associados às etapas do Momentum Rep e os hexágonos de cores quentes estão associados ao Momentum Morf. Lembrando que apesar da ordem das etapas colocadas na figura, a sua seleção e organização fica a critério do pesquisador, podendo eliminar etapas, duplicar, realizar simultaneamente algumas etapas, mas sempre a passagem de um momentum para o outro trará o **Momentum Cell**.

Para citar um exemplo de aplicação do MBI e facilitar a compreensão, dos *momentums* e seleção e ligação das etapas faremos um primeiro exemplo com aspecto linear. Imagine que um pesquisador de arte tem interesse por seres que produzem luz, ou seja, que são bioluminescentes. Ao iniciar a pesquisa e utilizar o MBI, o artista decide então começar por um **processo**, uma ideia, a bioluminescência, seguindo assim para a etapa de **seleção do microrganismo**, do **Momentum Rep**. Ao fazer uma busca em um atlas de ecologia microbiana¹⁶, encontra um microrganismo que chama a sua atenção pela cor, um dos **fatores sensíveis**¹⁷ de maior destaque para ele, e decide ir mais fundo na pesquisa desta alga chamada *Noctiluca scintillans*.

A primeira imagem que o pesquisador vê da alga unicelular, uma foto do mar de Hong Kong (figura 11), desperta ainda mais o seu interesse pelo microrganismo, pois o mesmo emite uma luz de cor azul neon muito forte, que aciona a sua **memória**¹⁸. A imagem do mar luminescente em tom neon lembra o artista de um filme visto na sua adolescência, pelo tom neon e brilhante da imagem, que o remete ao filme Tron do diretor Steven Lisberger, lançado em 1982, que trata sobre programas de computador, a rede de conexão das pessoas e o mundo digital (figura 11).

¹⁶ Muitas são as fontes de pesquisa de microrganismos, principalmente os atlas microbiológicos clínicos ou médicos, veterinários, alimentares, e de ecologia, dentre outras fontes que veremos no item 1.4.

¹⁷ Os fatores sensíveis da pesquisa são aquelas características presentes nos microrganismos que chamam a atenção de algum de nossos sentidos, seja a visão, paladar, tato, olfato ou mesmo audição.

¹⁸ A memória também é um fator sensível pertencente ao Momentum Rep.

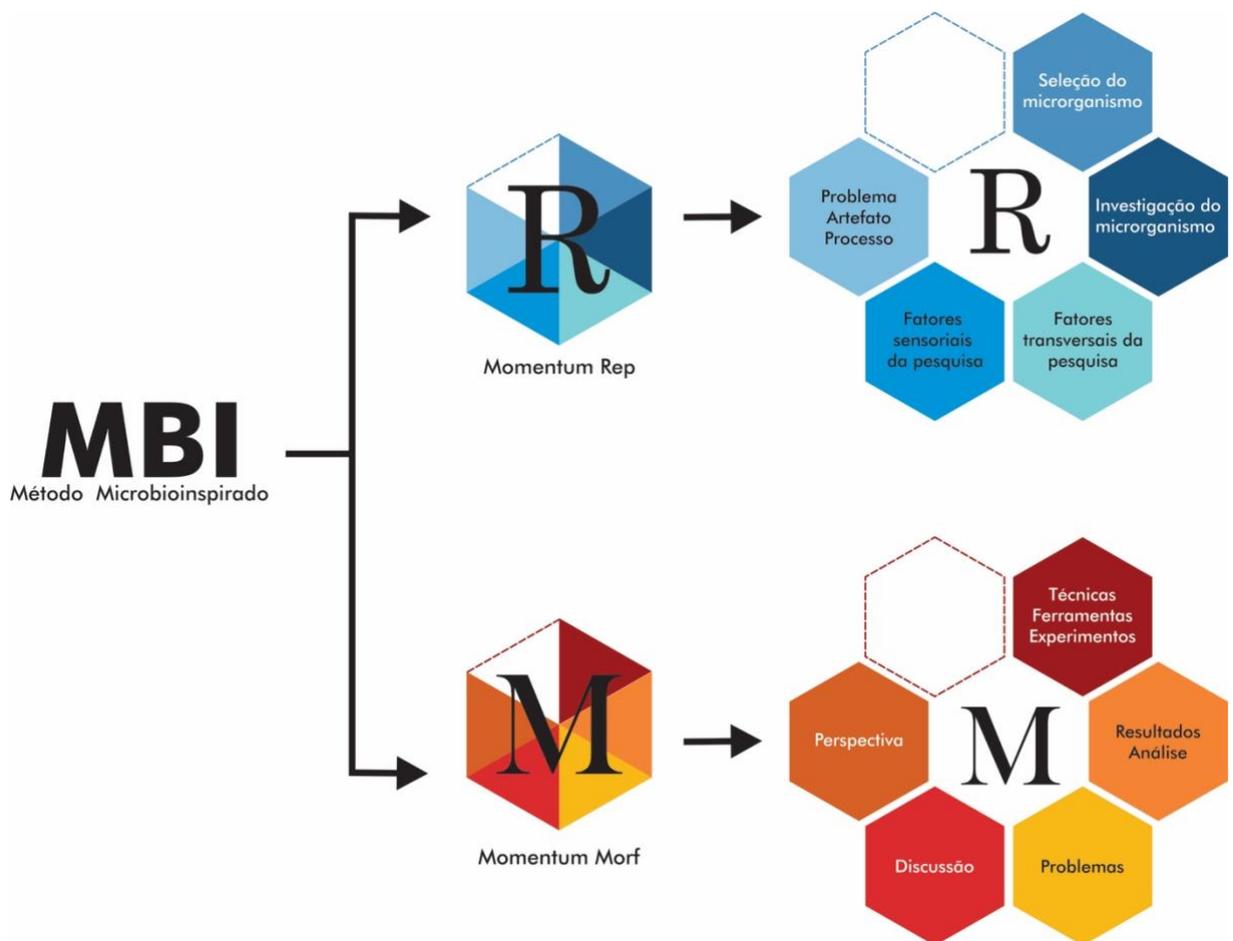


Figura 10. Divisão de dois dos *Momentums* do MBI em suas respectivas etapas. Os hexágonos de cores frias representam as etapas do Momentum Rep, e os hexágonos de cores quentes, as etapas do Momentum Morf.

Ao ler a reportagem onde foi publicada a foto, descobre que a presença da alga em grande volume no mar, apesar de ser uma linda imagem, pode ser um indício de descontrole do crescimento da *Noctiluca scintillans*, o que provavelmente deve estar associado à presença de altos níveis de nitrogênio e fósforo no mar. Por meio de uma investigação da área, os biólogos acreditam que os altos níveis devem estar associados ao escoamento agrícola de substâncias utilizadas na lavoura.

O artista então decide selecionar a etapa de escolha de **fatores transversais** da pesquisa no passo seguinte do MBI. Os fatores demográficos de Hong Kong o fazem refletir sobre o aumento do número de pessoas na cidade e a necessidade de produção de alimentos, mas que acaba tendo reflexos no descontrole da produção e as consequências para o meio ambiente. Os fatores patológicos o levam a refletir sobre como a ingestão destas algas bioluminescentes por peixes no mar, podem provocar doenças na população que se alimentar desses peixes. Os fatores sociais, o levam a refletir qual a parcela da população que irá se alimentar dos peixes pescados localmente e quem sofre com essa situação.

Por último, o artista resolve realizar mais uma etapa do Momentum Rep e **investigar o microrganismo**, a alga bioluminescente *Noctiluca scintillans*, e descobre que a mesma tem em seu interior vários órgãos esféricos com Luciferina, uma proteína que ao ser quebrada produz luz. Descobre também que esta alga apresenta dois flagelos que permitem o seu deslocamento, e ainda que se tratam de algas unicelulares, ou seja, são formadas por uma única célula (figura 11).

Enfim, após observar todos esses fatores, o artista decide realizar o **Momentum Cell**, onde para passar do **Momentum Rep** da pesquisa para o **Momentum Morf**, ele começa a conectar as ideias encontradas, a promover conexões estéticas e simbólicas entre os fatores pesquisados e decide criar uma obra com a criação de um mapa físico com as algas luminescentes e um digital mostrando as redes criadas entre estas entidades e como o descontrole do crescimento pode afetar a vida das pessoas física e digitalmente. Para isso, ainda no Momentum Cell ele forma um grupo interdisciplinar com um programador e um biólogo para poder delinear o problema, especificar a pesquisa e executar a obra, passando para o Momentum Morf do MBI.

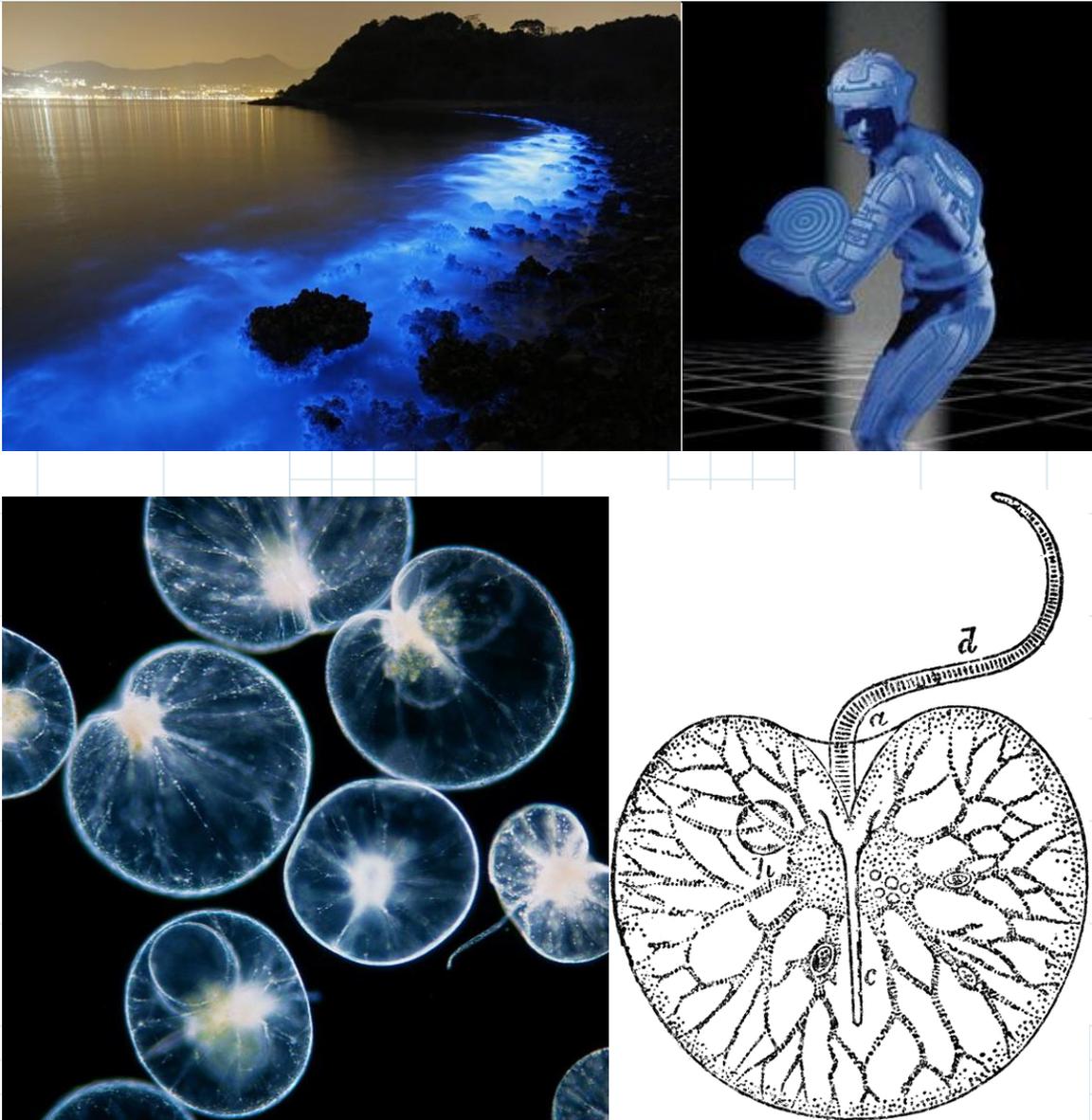


Figura 11. A- A imagem do mar de Hong Kong em 2015 com a bioluminescência da alga *Noctiluca scintillans* (em cima à esquerda). B- A capa do DVD do filme Tron de 1982 (em cima à direita). C- A alga *Noctiluca scintillans* ao microscópio e uma ilustração sua mostrando os órgãos esféricos que contêm a proteína luminescente luciferina (embaixo).¹⁹

¹⁹ Fonte: A- Disponível em: <<http://g1.globo.com/natureza/noticia/2015/01/misteriosas-manchas-fluorescentes-iluminam-o-mar-de-hong-kong.html>> Acesso em: 06 Mar 2019. B- Disponível em: <<https://www.crestsacramento.com/event/1804519-tron-1982-sacramento/>> Acesso em: 06 Mar 2019. C- Disponível em: <https://etc.usf.edu/clipart/60700/60784/60784_aboral-view.htm> Acesso em: 06 Mar 2019.

No Momentum Morf decide começar com o grupo interdisciplinar pela etapa de **discussão da pesquisa e análise da viabilidade**. Com o discurso alinhado, passam a **selecionar as técnicas e ferramentas** para produzir a obra e encontram alguns **problemas** na captura da alga e conservação, mas ao realizar novos **experimentos** conseguem chegar à etapa final da exposição da obra. Ficam ainda em aberto algumas **perspectivas** de produção de outras obras e outros diálogos possíveis para a utilização da alga *Noctiluca scintillans* em trabalhos do grupo de pesquisa.

Na figura 12 vemos a ordenação das etapas do MBI utilizadas pelo artista, que apresenta uma sequência linear ²⁰de criação do artefato final. Fica evidenciado na figura as etapas selecionadas pelo artista, a sua sequência, assim como a iniciativa de começar a pesquisa pelo Momentum Rep, passar pelo Momentum Cell até chegar no Momentum Morf.

Apesar das etapas selecionadas pelo artista e a sequência das mesmas, ele poderia ter feito a opção de iniciar o MBI de outra maneira. Ele poderia, por exemplo, já conhecer que existe uma bactéria luminescente chamada *Vibrio Fischeri* e iniciar o MBI pela investigação do microrganismo. Ou então, começar investigando uma memória das primeiras vezes que se lembra de ter visto uma luz neon e como aquela luz exercia uma atração nele. Enfim, o MBI poderia ter se iniciado de inúmeras outras maneiras, e com grande diversidade de ordenação das etapas, de acordo com a necessidade da pesquisa.

As etapas no MBI não somente podem ter uma concatenação específica, de acordo com a pesquisa, como também podem se repetir etapas, ou se ter mais de um fator de interesse e seleção em cada etapa. Nos estudos de biofilmes²¹, por exemplo, existe mais de um microrganismo a ser analisado, então provavelmente a etapa de investigação do microrganismo do Momentum Rep irá se repetir algumas vezes.

Mais a frente nos itens 2.3.1, 2.3.2 e 2.3.3, todas as etapas do MBI serão mais bem descritas e especificadas, assim como seus fatores de seleção serão todos analisados e especificados.

²⁰ É importante lembrar que o MBI pode ter várias outras morfologias não lineares. Veremos alguns exemplos ainda nesse capítulo.

²¹ Biofilmes são comunidades de microrganismos com alto grau de organização, que podem ser constituída de uma única espécie, ou ainda ser mista unindo dois ou mais microrganismos simbióticos diferentes que se juntam para trazer benefícios a todos.

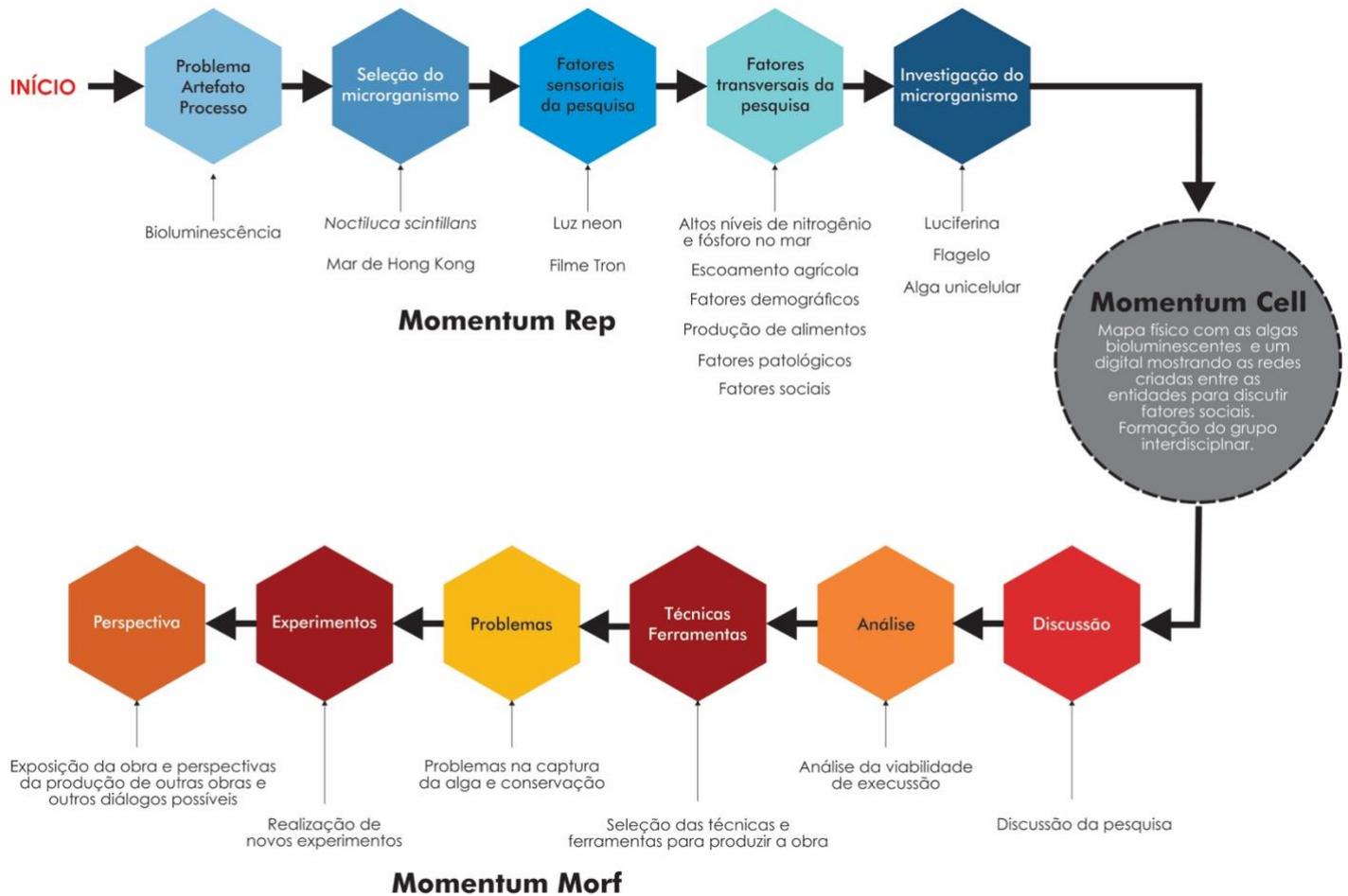


Figura 12. Etapas selecionadas e organizadas do MBI no exemplo dado do artista que tinha interesse pela alga bioluminescente. Vale destacar não somente as etapas, como a separação do Momentum Rep do Momentum Morf e a ligação deles pelo Momentum Cell.

Já vimos então que o MBI se divide em três ciclos, denominados *Momentums*, o **Momentum Rep**, o **Momentum Cell**, e o **Momentum Morf**. Eles se relacionam entre si, podendo se alternar e a passagem do Momentum Rep para o Morf, e vice versa, contempla o Momentum Cell, onde ocorrem as conexões das pesquisas realizadas, a delimitação do projeto e o estabelecimento preciso do problema e dos objetivos da pesquisa. É no máximo neste momento também que se define de maneira clara o artefato que será produzido como resultado da aplicação do método e da pesquisa.

Para que essa sequência fique mais evidente visualmente e para demonstrar a morfologia primária que o método pode assumir, foi criada uma ilustração (figura 13), onde podem ser visualizadas em cores frias as etapas do Momentum Rep, o Momentum Cell no formato circular cinza e as etapas do Momentum Morf em cores quentes.

O Momentum Cell é uma etapa necessária em todos os projetos, que é a criação de ligações, conexões, entre os dados traçados e levantados no Momentum Rep, implicando na definição precisa do problema e dos objetivos da pesquisa, e caso ainda não tenha sido formado, o estabelecimento do grupo interdisciplinar.

Neste Momentum, é como se estivéssemos constituindo uma célula, formando a membrana que envolve todo o conteúdo da célula. Essa membrana que envolve a célula é chamada de membrana citoplasmática e é essencial para a sua constituição, desempenhando várias funções, sendo a mais importante delas, atuar como regulador da passagem de substâncias entre o meio externo e o interno. É a membrana que confere integridade a célula, uma forma, por mais fluída que seja, é essa característica que permite a execução de sua principal função, a permeabilidade seletiva.

Desta maneira, o Momentum Cell é o ciclo onde as ideias serão selecionadas, as informações conectadas, e a pesquisa delineada e traçada por meio do estabelecimento preciso do problema e dos objetivos, formando uma rede de informações, um tecido vivo, uma membrana que envolve o projeto, mas que ainda assim permite a entrada e saída de outras ideias, devido a sua permeabilidade seletiva. O Momentum Cell, confere forma à pesquisa e ao MBI, ainda que esta forma seja fluída, passando para o momentum Morf, onde a forma já está estabelecida. No item 2.3.2 descreveremos como essa etapa é executada.

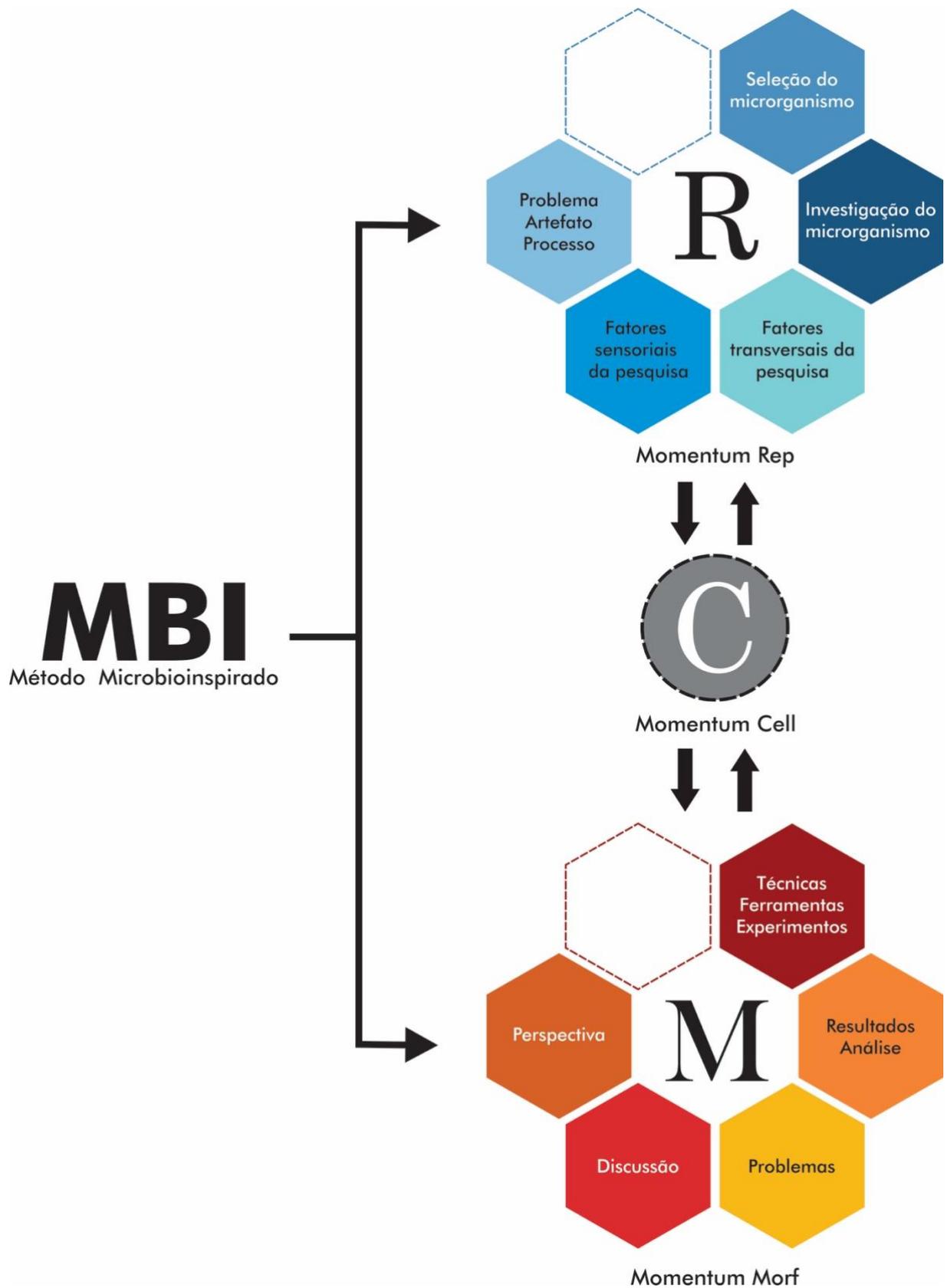


Figura 13. Morfologia do MBI mostrando as etapas do Momentum Rep e do Momentum Morf, ligadas pelo Momentum Cell.

A membrana citoplasmática, assim como o Momentum Cell do MBI, encontra-se em todas as células dos seres vivos procariontes e eucariontes e apesar de delimitar, a célula e a pesquisa, a membrana permite novas trocas, criação e seleção de novos fatores, formar novas associações e excretar produtos ou aquilo que não lhe tem mais serventia. Durante o Momentum Cell no MBI, são selecionadas ou revisadas as próximas etapas a seguir, promovidas conexões entre os fatores pesquisados, ideias, entrecruzamentos, pensados caminhos e formados os grupos de trabalho interdisciplinares. Mostra-se assim como um ciclo chave do direcionamento e estruturação da pesquisa.

Passando-se do Momentum Rep ao Momentum Morf, já pode ser vislumbrada a estrutura da pesquisa, a forma (por isso da expressão morfologia), onde serão realizadas questões e selecionadas técnicas, ferramentas e experimentos para a viabilização do projeto e execução do artefato, além da resolução de problemas, elencar e discutir resultados, e prever perspectivas de trabalho, caminhando para uma finalização, mesmo que parcial da pesquisa.

Como explicado anteriormente, muitas podem ser as possíveis morfologias do Método Microbioinspirado, de seleção e sequenciamento de etapas, formando encadeamentos ou traçados de etapas e alternâncias dos *Momentums*, conectados pelo Momentum Cell, onde o método pode assumir formas orgânicas mais complexas. Algumas destas morfologias foram criadas de maneira a exemplificar possíveis morfologias que poderiam ser adotadas por projetos microbioinspirados e podem ser vistas na figura 14. Esses exemplos são hipotéticos e ilustram a questão da possível simultaneidade de etapas, a forma linear ou circular do método, entre outras variáveis.

Na figura 14, as etapas foram representadas por formas hexagonais e cores frias (Momentum Rep), cores quentes (Momentum Morf) e em formato circular cinza o Momentum Cell, conforme legenda, indicando por uma seta preta a etapa de início de utilização do método. Nessas morfologias vemos desde sequencias lineares (morfologia 1), as alternâncias de *momentums* circulares e lineares (morfologia 2), uma morfologia circular com alternância de *momentums* (morfologia 3) e um Momentum Cell gerando vários Momentums Morfs (morfologia 4). Essa alternância de etapas e *Momentums* aqui exemplificadas formam tecidos que necessitam de profissionais de diversas áreas para ser executada, promovendo a interdisciplinaridade que auxilia a pesquisa a sair do lugar comum.

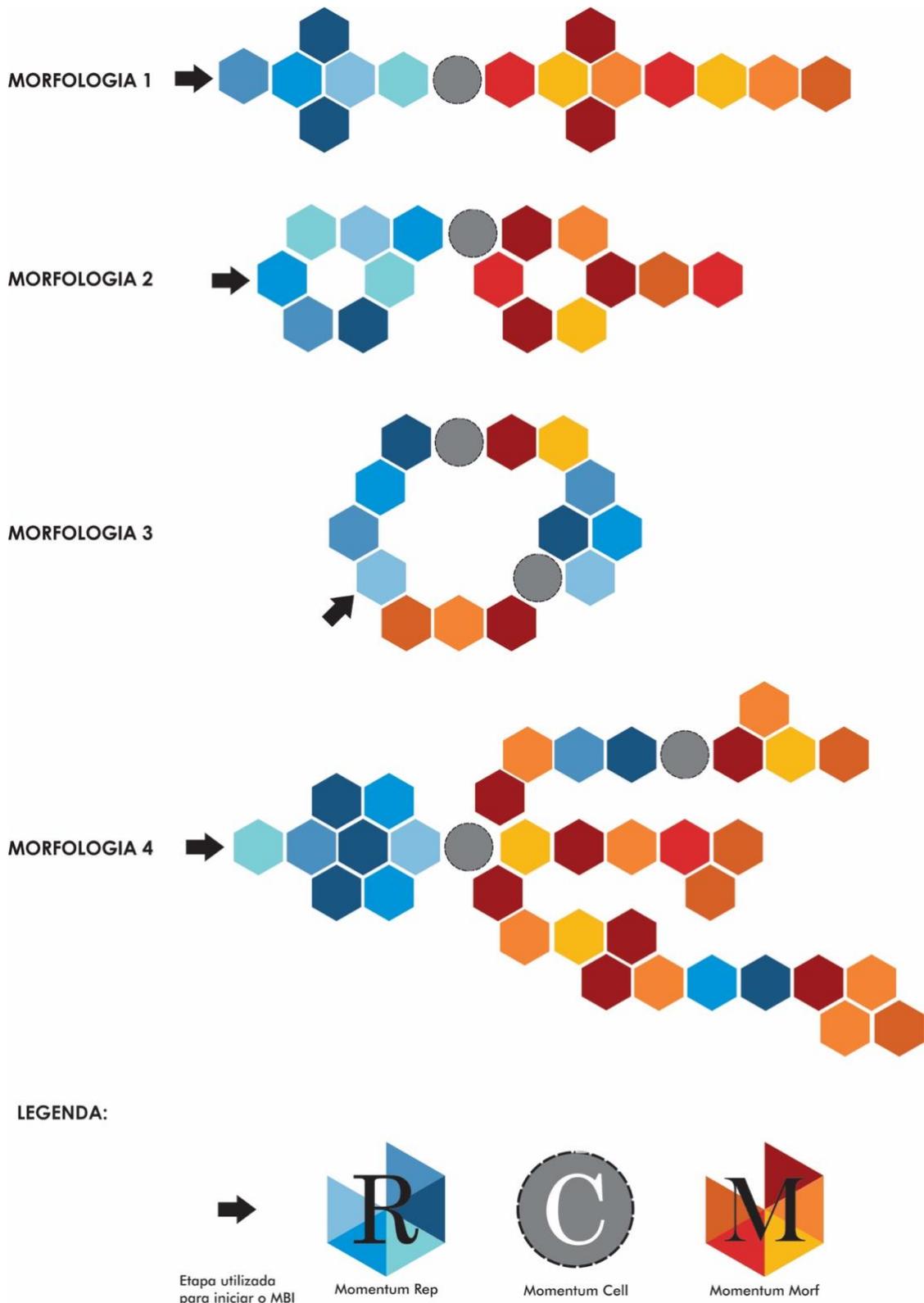


Figura 14. Possíveis morfologias do MBI criadas para exemplificar possíveis utilizações do método, onde vemos um possibilidades de morfologias lineares com simultaneidade de etapa (1); alternância entre linearidade e circularidade de etapas (2); aplicação circular do método, oscilando entre o Momentum Rep e o Momentum Morf interligados pelo Momentum Cell (3); e por último um Momentum Rep com etapas simultâneas, passando para o Momentum Cell que está gerando três diferentes possibilidades de Momentums Morfs (4).

É necessário sempre pensar nas conexões criadas, na fluidez do método, na sistematização e manter em mente a complexidade das pesquisas. Apesar de muitas vezes já delineada, a pesquisa orgânica, permite ainda assim a conexão com ambientes extracelulares, realizando novas ou outras trocas, modificando a morfologia do método.

Para os testes nos grupos focais do MBI, que serão apresentados no item 3.1, foram criadas como forma de apoio para o método algumas fichas de microrganismos, espécies de pranchas catalográficas com algumas informações sobre os mesmos. Para a criação das fichas foram escolhidos alguns microrganismos de acordo com a sua utilização prévia em projetos de áreas de criação, ou por terem alguma propriedade ou característica que o destaca do restante, havendo um destaque maior para as bactérias.

Estas fichas apresentam um breve resumo sobre o microrganismo e sua utilização, algumas características biológicas que podem auxiliar na investigação dos mesmos, algumas características sensoriais como cor e textura que podem despertar a atenção do pesquisador e uma série de imagens.

As características biológicas selecionadas podem variar entre as pranchas de acordo com a literatura disponível a respeito de cada microrganismo, podendo apresentar informações como sua morfologia, produtos produzidos pelo seu metabolismo, evolução, motilidade, o ecossistema em que vivem e outras características que também serão mais bem descritas à frente no Momentum Rep no item 2.3.1.

Em paralelo a essas características mais biológicas, também foram elencados um bloco de características estéticas e sensoriais, que formam uma classificação paralela, relacionadas aos sentidos, como cor, textura, cheiro, brilho, forma, sabor, memória, dentre outras.

Estão associadas também a estas pranchas, que podem ser vistas no item 3.1, algumas imagens sejam de representações deste microrganismo, formas esquemáticas, imagens macroscópicas e microscópicas, além de imagens relacionadas ao ecossistema ou utilidade do microrganismo.

Essas informações presentes nas fichas não precisam ser vistas como verdades absolutas e, além disso, precisam de constantes atualizações. Cabe ao pesquisador que for

utilizar o MBI, criar as suas fichas de microrganismos, investigando, trocando e incluindo informações adicionais que achar necessárias para a sua pesquisa.

Nos itens a seguir veremos de maneira mais detalhada cada um dos *Momentums* e suas etapas.

2.3. Sobre os *Momentums* e etapas

Os *Momentums* são três grandes ciclos do MBI. Os Momentum Rep e o Momentum Morf estão divididos cada um em cinco etapas. A transição entre um momentum e outro se dá pelo Momentum Cell, responsável por dar forma à pesquisa, mas ainda assim permitir mudanças de acordo com as necessidades internas e externas ao trabalho.

De maneira a tornar o método mais orgânico, essas etapas podem ser selecionadas e organizadas de acordo com a necessidade do projeto, não necessitando formar, por exemplo, um percurso linear. O método possibilita ainda adaptações, simultaneidade de etapas e transformações no percurso de acordo com o ambiente e as variáveis internas e externas a pesquisa.

Abaixo veremos detalhadamente cada etapa do Momentum Rep, que tem caráter mais investigativo, do Momentum Morf, que apresenta características mais relacionadas à execução, experimentação e discussão, e o Momentum Cell que normalmente está presente na transição entre um *momentum* e outro do MBI.

2.3.1. Momentum Rep

O Momentum Rep, onde rep faz referência à palavra representação, é assim denominado por ter suas características associadas à ideação, a pesquisa e coleta de dados. Esse ciclo normalmente é o primeiro Momentum do MBI, contando com as etapas que serão abaixo descritas detalhadamente.

Essas etapas foram estabelecidas a partir da análise da metodologia utilizada em diversos projetos de criação que tinham uma interdisciplinaridade com a microbiologia

contemplando, por exemplo, a análise de projetos de bioarte, biodesign, bioarquitetura e biomimética.

Além desse fator de criação das etapas do Momentum Rep, também foram selecionadas etapas de acordo com os estudos da microbiologia, tentando englobar e categorizar a maior quantidade de subáreas possíveis, tornando o método amplo no que diz respeito à pesquisa. Outras etapas foram inseridas no Momentum Rep também devido a necessidades que surgiram no desenvolvimento de alguns experimentos realizados previamente.

Desta maneira, foram estabelecidas cinco etapas do Momentum Rep, cada uma com seus critérios e possíveis seleções que são listadas aqui e mostradas na figura 15:

- 1- seleção do microrganismo;
- 2- investigação do microrganismo;
- 3- fatores transversais da pesquisa;
- 4- fatores sensoriais da pesquisa;
- 5- seleção do problema, artefato ou processo.

2.3.1.1. Seleção do microrganismo

O fator primordial de criação do MBI é a utilização dos microrganismos em projetos interdisciplinares, assim essa etapa se mostra essencial em algum instante do Momentum Rep.

Não é possível generalizar que esta seja sempre a primeira etapa do MBI, mas muitas vezes, o que desperta a atenção do pesquisador em trabalhar com microrganismos, é justamente uma característica presente nos mesmos, seja ela a sua forma, alguma produção de uma cor, de um cheiro, de uma memória afetiva.

Vale ressaltar também que nesta etapa não é necessário pesquisar a fundo o microrganismo, pois outra etapa de investigação do microrganismo (item 2.3.1.2) se empenhará em pesquisá-lo nos mais diversos âmbitos.

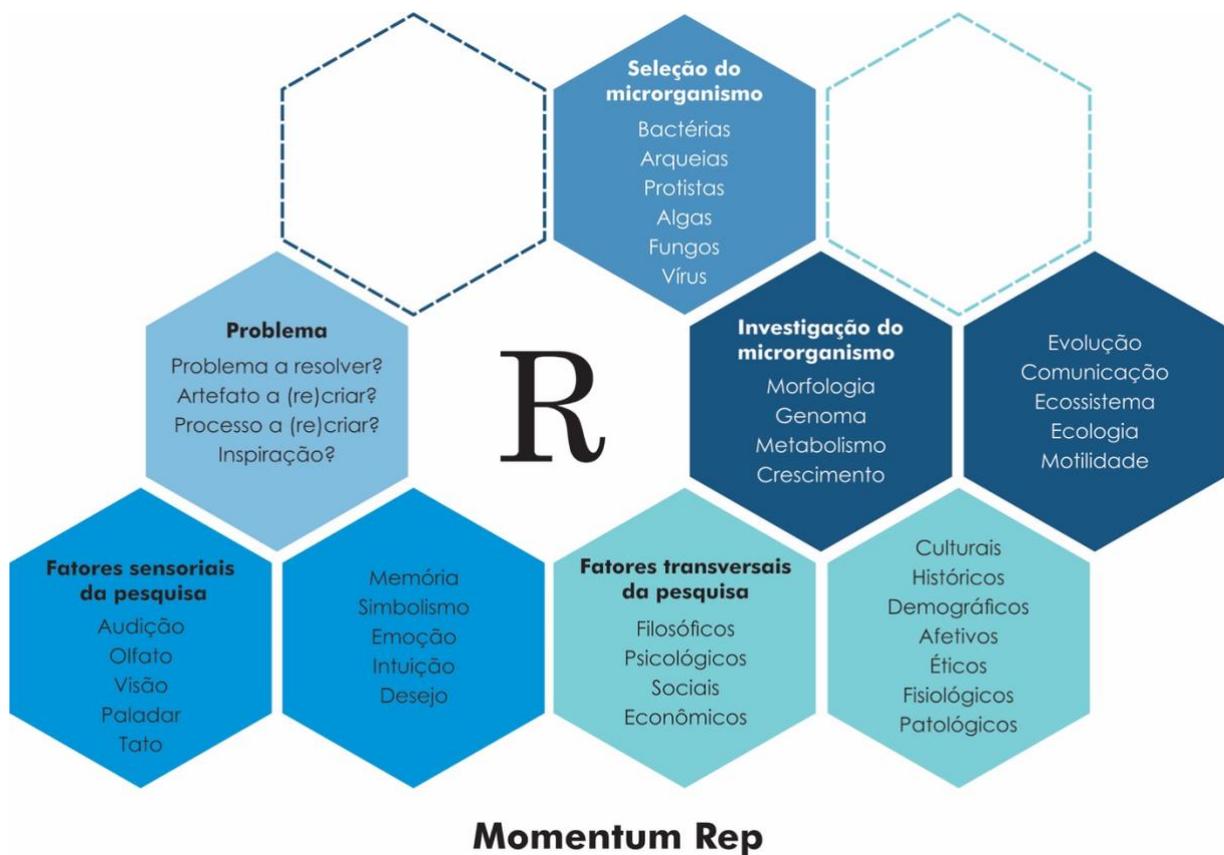


Figura 15. As cinco etapas do Momentum Rep separadas por cores frias (tons de azul), com as suas subdivisões e critérios de seleção que serão todos explicados detalhadamente nos itens do capítulo 2.3.1.

Um exemplo desta busca e interesse por um microrganismo, é o caso das actinobactérias. Uma característica que chama muita atenção nas actinobactérias é o fato de elas produzirem pigmentos de diversas cores, mesmo em cepas²² muito próximas. Esses pigmentos têm sido testados e utilizados como pigmentos em muitas áreas como a gastronomia, cosmetologia, arte e moda, para o tingimento de tecidos.

Além disso, as actinobactérias apresentam um cheiro muito peculiar durante o seu crescimento, elas produzem um composto orgânico denominado geosmina, que ao entrar em contato com a água libera o cheiro que conhecemos como cheiro de chuva. Esse cheiro está presente em quase todos os lugares do mundo porque essas bactérias são ubíquas e vivem nos mais diversos tipos de solo.²³

Desta maneira, com essas pequenas descobertas sobre alguns microrganismos, voltamos nossas atenções a eles e desenvolvemos mais pesquisas para continuarmos a os entender melhor. Pode ser também que o pesquisador simplesmente queira explorar esse campo interdisciplinar, e deseja selecionar um microrganismo para depois começar seu processo de investigação e concepção do projeto.

Independente do interesse que o pesquisador tenha em relação aos micróbios, fato é que esta etapa é praticamente vital ao MBI, sendo utilizada no começo, meio ou final do Momentum Rep. Ao longo da pesquisa, pode acontecer ainda dessa seleção de microrganismo se repetir, adicionando outros micróbios ao projeto, ou mesmo substituir algum selecionado anteriormente.

Os microrganismos presentes nessa etapa de seleção foram reunidos em seis grupos: (A) bactérias, (B) arqueias, (C) protozoários, (D) algas, (E) fungos e (F) vírus. Cabe então ao pesquisador conhecer um pouco de cada grupo e pensar qual microrganismo atende melhor o desenvolvimento do projeto. Para iniciarmos a pesquisa sobre esses seis grupos de microrganismos, é de suma importância que se entenda primeiramente o que é um microrganismo, e quais as características em comum entre eles.

Os microrganismos são seres vivos de tamanho microscópico, constituídos por uma única célula ou um grupo de células. No entanto, esses seis grupos são muito distintos entre

²² Cepas ou estirpes são grupos de organismos que descendem de um ancestral comum, compartilhando assim características morfológicas (forma) ou fisiológicas (funções mecânicas, físicas ou bioquímicas).

²³ Ubíquo é aquele elemento que se encontra em muitos meios em muitos lugares ao redor do mundo; que é onipresente.

si em alguns aspectos. O que os reúne em um único grupo são as características constitutivas similares, provavelmente por descenderem de um mesmo ancestral comum, denominado o último ancestral universal comum (LUCA, *last universal common ancestor*) que surgiu na Terra há aproximadamente 3,8 bilhões de anos.

Pode-se, de modo geral, separá-los inicialmente em dois grandes grupos, (1) os microrganismos procariotos, que são as bactérias e as arqueias, que apresentam células pequenas, são estruturalmente simples e não apresentam organelas²⁴. E em um segundo grupo (2) os eucariotos, normalmente de tamanho maior que os procariotas, apresentando núcleo e uma variedade de organelas, como as mitocôndrias, os cloroplastos²⁵, dentre outros. Fazem parte dos microrganismos eucariotos as algas, os protistas e os fungos. Os vírus, apesar de se parecerem com microrganismos de diversas maneiras, não são células e estão agrupados aqui como uma categoria especial de microrganismos, assim como realizado pela microbiologia.

A seguir temos, de maneira generalista e de acordo com Madigan et al. (2016), as características destes seis grupos de microrganismo.

(A) Bactérias

Foram descobertas por Antony van Leeuwenhoek (1632-1723) em 1673, mas seu estudo somente foi aprofundado no século XIX pelo médico alemão Robert Koch (1843-1910). Até o presente momento, 84 grupos evolutivos de bactérias foram registrados, sendo que destes mais de 10 mil espécies já foram descritas. A maioria dos grupos das principais espécies de bactérias se relaciona geneticamente, mas apresentam pouca semelhança fenotípica²⁶.

As bactérias apresentam-se assim como um grupo muito diverso, desde as mais antigas espécies autotróficas termófilas extremas²⁷, ou seja, que produzem sua própria fonte de energia e que podem crescer em temperaturas extremas como as bactérias que vivem em lagos congelados ou fontes hidrotermais ferventes, até as linhagens autotróficas

²⁴ As organelas são estruturas membranosas que apresentam funções específicas na célula.

²⁵ As mitocôndrias são organelas responsáveis pela realização da respiração celular, constituindo a principal fonte de energia nas células não fotossintetizantes; já os cloroplastos são organelas que apresentam clorofila, sendo responsáveis pela fotossíntese (RAVEN, EVERT & EICHHORN, 2001).

²⁶ As características fenotípicas são aquelas características observáveis de um microrganismo, como a cor, tamanho, forma.

²⁷ Autotrófico é aquele microrganismo capaz de crescer utilizando CO₂ como única fonte de carbono.

fotossintetizantes, que realizam a fotossíntese como fonte de energia, como as cianobactérias e bactérias púrpuras e verdes.

As bactérias são o grupo que apresentam maior afinidade com o ser humano e estão presentes em quantidade imensa quando comparadas ao número de célula do nosso corpo. Alguns estudos dizem que existem em nossa pele e mucosas cerca de 100 trilhões de bactérias, enquanto o nosso corpo apresenta cerca de 10 trilhões de células, ou seja, uma proporção de 10:1, já outros estudos dizem que a quantidade é 1:1.

Elas são responsáveis por grande parte da produção do oxigênio atmosférico, fixação de nitrogênio do solo sem as quais não teríamos algumas espécies de plantas leguminosas, degradação da matéria orgânica que é essencial para o ciclo de nutrientes da Terra, além de ter amplo uso comercial na produção de antibióticos que usamos para combater doenças, enzimas e vários alimentos como vinagre, queijo, iogurte, conservas, dentre outros.

Esse geralmente é um grupo relativamente fácil de ser crescido e manipulado em laboratório, com exceção daquelas que têm condições de crescimento muito adversas e que necessitarão de equipamentos especiais para o seu cultivo.

As regras de biossegurança laboratoriais devem ser seguidas rigidamente para a manipulação de microrganismos que seguem uma classificação em quatro níveis, sendo o nível 1 os micróbios conhecidos, caracterizados, não patogênicos e que não apresentam nenhum risco ao meio ambiente e os de nível 4, os que necessitam de segurança máxima e que seguem um rígido controle das autoridades sanitárias.

Exemplo de bactérias são (figura 16):

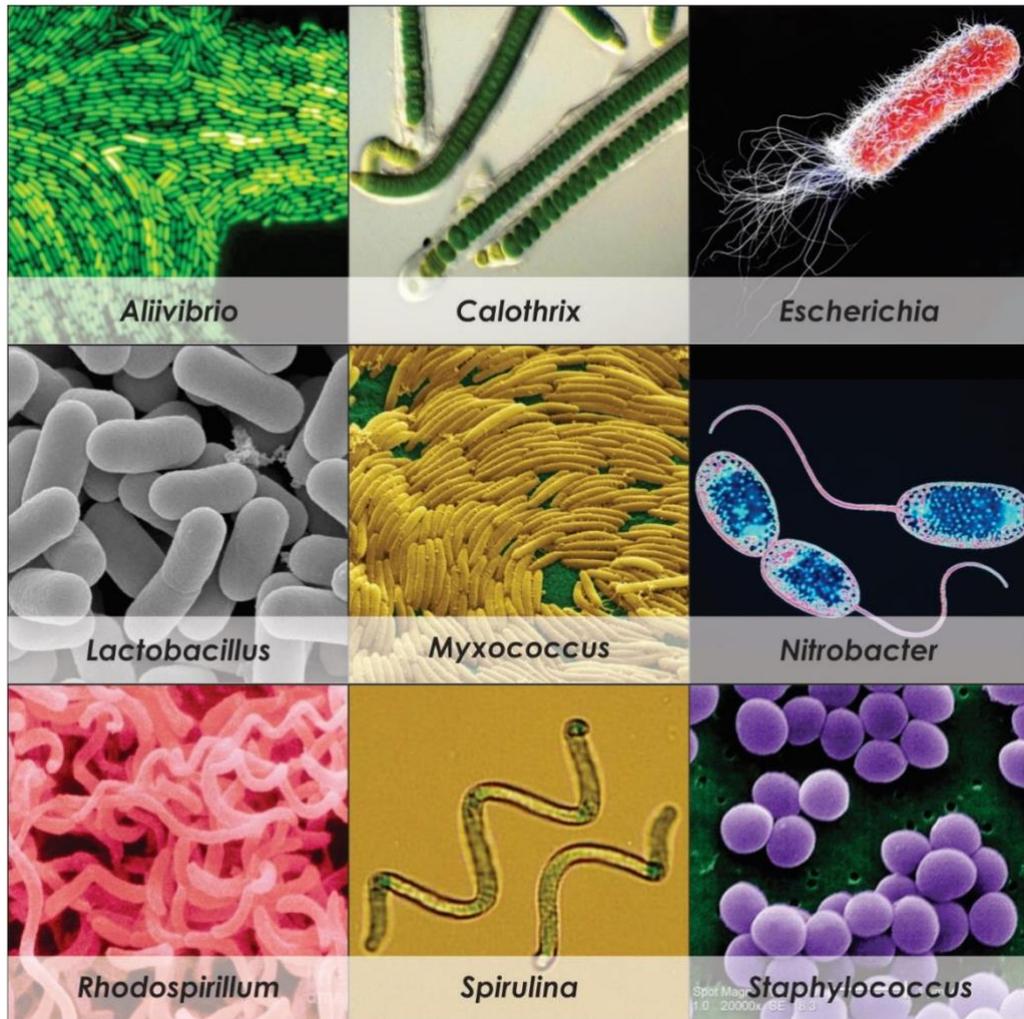


Figura 16. Exemplos de gêneros de bactérias.

(B) Arqueias

Apresentam sete filos, mas apenas cinco são organismos cultiváveis. Apesar de apresentar enorme diversidade fenotípica²⁸, as espécies apresentam algumas características em comum, que de certa forma são parecidas com a dos eucariotos, mostrando uma proximidade no percurso evolutivo.

As arqueias são um domínio dos seres vivos muito peculiar por diversas razões. Existem espécies que crescem somente em ambientes com altas concentrações de sal (salinas ou no mar morto), ou em ambientes adversos, onde não se pensaria haver vida, como as fontes termais, gêiseres e fendas no fundo do oceano.

²⁸ Fenótipo são as características visuais aparentes dos microrganismos, como cor, forma ou motilidade (movimento).

Já outras espécies podem crescer na ausência de oxigênio e produzir gás metano (um gás extremamente tóxico), vivendo no trato digestivo de ruminantes. Essas espécies produtoras de metano (CH₄) colocam o gado de corte como um dos principais responsáveis pelo aumento do efeito estufa na Terra, isso porque o metano presente na flatulência do gado, de acordo com a Organização para a Alimentação e a Agricultura (FAO), corresponde a 39% dos gases nocivos oriundos da produção pecuária.

Um dos principais habitats das arqueias produtoras de metano são os pântanos provenientes do degelo das calotas polares do Ártico. Devido ao volume crescente de degelo desta área, cientistas preveem que a temperatura do planeta pode aumentar em 7 °C até 2100 devido a essa produção de metano por arqueias, que tem potencial de aquecimento 25 vezes maior que o gás carbônico.

Exemplos das arqueias são (figura 17):

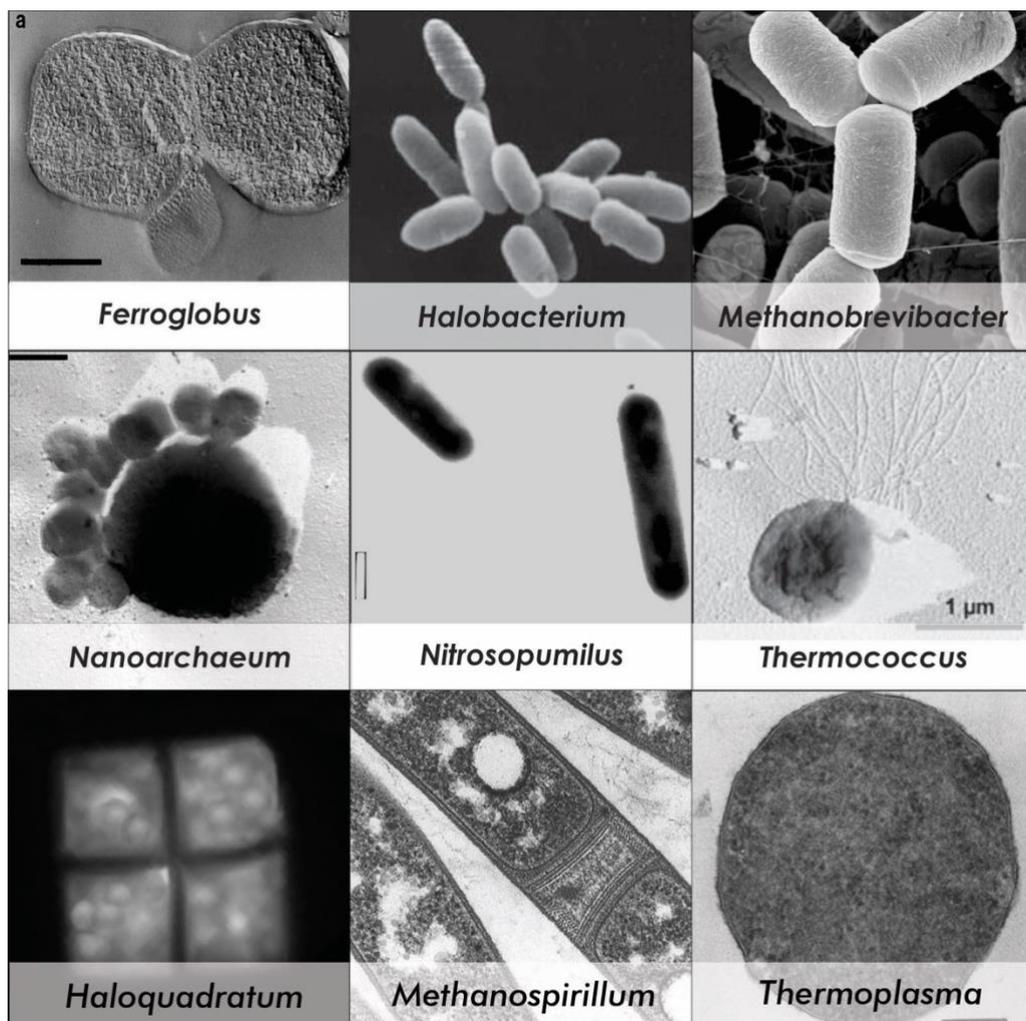


Figura 17. Exemplos de gêneros de arqueias.

Por viverem em ambientes hostis e por muitas outras razões, as arqueias não eram consideradas competitivas, mas descobertas mais recentes mostram que algumas espécies podem habitar o solo, além de ser um importante componente do fitoplâncton ²⁹oceânico.

Seu cultivo em laboratório torna-se mais difícil que o de muitas bactérias justamente por boa parte das espécies crescerem em ambientes que é necessário ter o controle de muitas variáveis, como temperatura, pressão, ausência de oxigênio, tipo de nutrição, dentre outros.

(C) Protozoários

Os protozoários são seres eucarióticos com ampla diversidade, podendo ser fototrófico (que obtém energia a partir da luz) e assim o principal componente do fitoplâncton ou então não fototróficos e apresentar diferentes espécies causadoras de doenças como a doença de Chagas, giardíase, malária e leishmaniose.

Algumas destas espécies causadoras de doenças são desprovidas de mitocôndria e cloroplasto, e por isso empregam a fermentação para gerar energia, vivendo como simbiontes ou parasitas nos intestinos de animais. Outros protozoários como os euglenídeos podem se alimentar de bactérias por fagocitose³⁰, inclusive os ciliados, utilizam seus cílios não somente para se movimentarem (motilidade), mas também para obter o alimento. Já os radiolários, que vimos na figura 6 ilustrados por Haeckel, apresentam extensões celulares finas, chamadas de pseudópodos, para motilidade e alimentação.

Por outro lado, os estramenópilos, como as diatomáceas, são fototróficos e o principal componente do fitoplâncton marinho e de água doce. Esse grupo apresenta uma característica muito peculiar, apresentam uma parede celular de sílica que atua como proteção contra predadores. Devido a constituição destas paredes celulares, mesmo depois da morte destes organismos, sua carapaça pode permanecer intacta depositada no fundo dos oceanos e rios por milhões de anos. Essas carapaças de sílica conferem ainda as diatomáceas diferentes morfologias com simetrias muito interessantes, produzindo formas peculiares (figura 18).

²⁹ O fitoplâncton é formado pelas algas, cianobactérias ou arqueias que vivem em suspensão na água, mas com movimentação restrita, podendo ser fotossintetizantes. O fitoplâncton tem uma importância muito grande, gerando cerca de 70% do oxigênio da atmosfera terrestre, estando ainda na base da cadeia alimentar dos ecossistemas aquáticos.

³⁰ Processo no qual a partícula de alimento é englobada pela membrana plasmática, sendo conduzida ao interior da célula, onde é digerida.

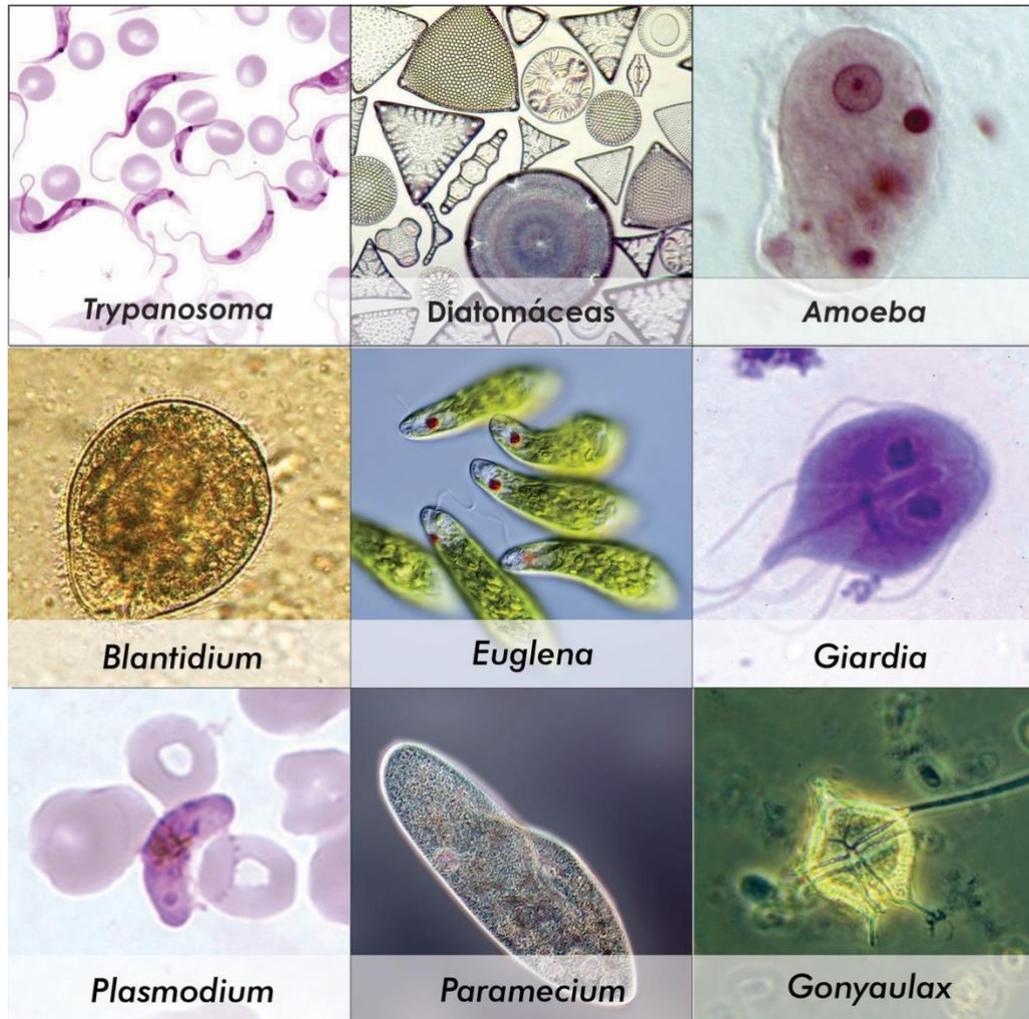


Figura 18. Exemplos de gêneros de protistas.

(D) Algas

É um grupo grande de organismos eucariotos, que apresentam clorofila e realizam fotossíntese dependente da presença de oxigênio. Podemos as dividir em algas vermelhas e algas verdes.

As algas vermelhas, também chamadas de rodófitas, são em sua maioria multicelulares e vivem em habitats marinhos, apresentando coloração vermelha em locais de maior profundidade da água e verde e verdes em locais menos profundos. Exemplos de rodófitas podem ser vistos na figura 19.

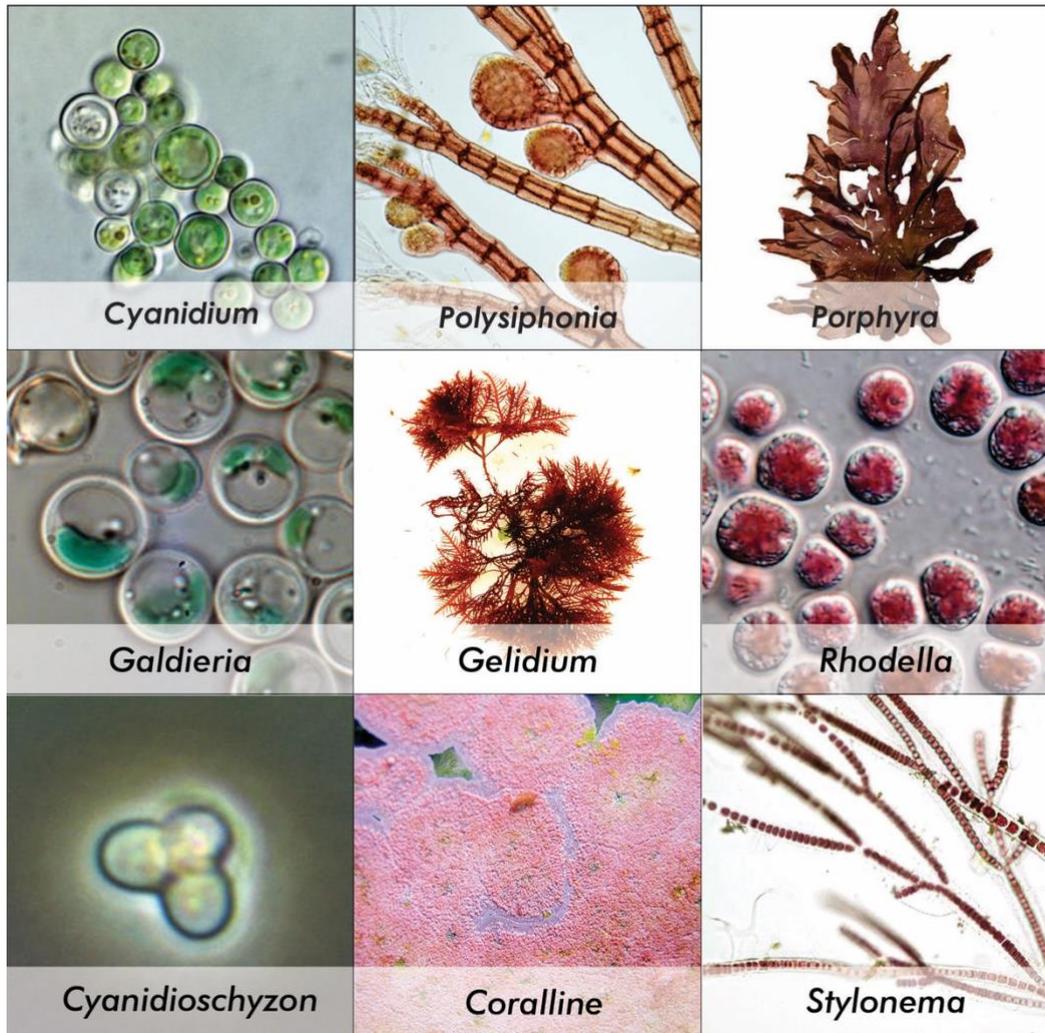


Figura 19. Exemplos de gêneros de algas vermelhas.

Essas algas são abundante fonte de ágar, que é utilizado para solidificar os meios de cultura onde são cultivadas as bactérias, sendo também fonte de espessantes e estabilizantes utilizados na indústria de alimentos para tornar os alimentos mais consistentes e cremosos. Outras algas vermelhas macroscópicas como a *Porphyra* são colhidas, secas e utilizadas para fazer sushi, enquanto o grupo das Coralinas é de suma importância para o desenvolvimento dos recifes de corais.

Já as algas verdes, também chamadas de clorófitas, apresentam cloroplasto, o que as torna bastante semelhante as plantas, com as quais são geneticamente relacionadas. Apresentam coloração verde, vivem principalmente em água doce, podendo ser unicelular, microscópica ou macroscópica. Estas espécies podem se apresentam em formas coloniais, tendo um ciclo de vida complexo com fases reprodutivas sexuadas e assexuadas. Exemplos de clorófitas podem ser vistos na figura 20.

Uma característica peculiar das algas verdes coloniais é o seu potencial de ser fonte de biocombustível, e por isso poderiam substituir boa parte da produção de petróleo, como acontece com a espécie *Botryococcus braunii*.

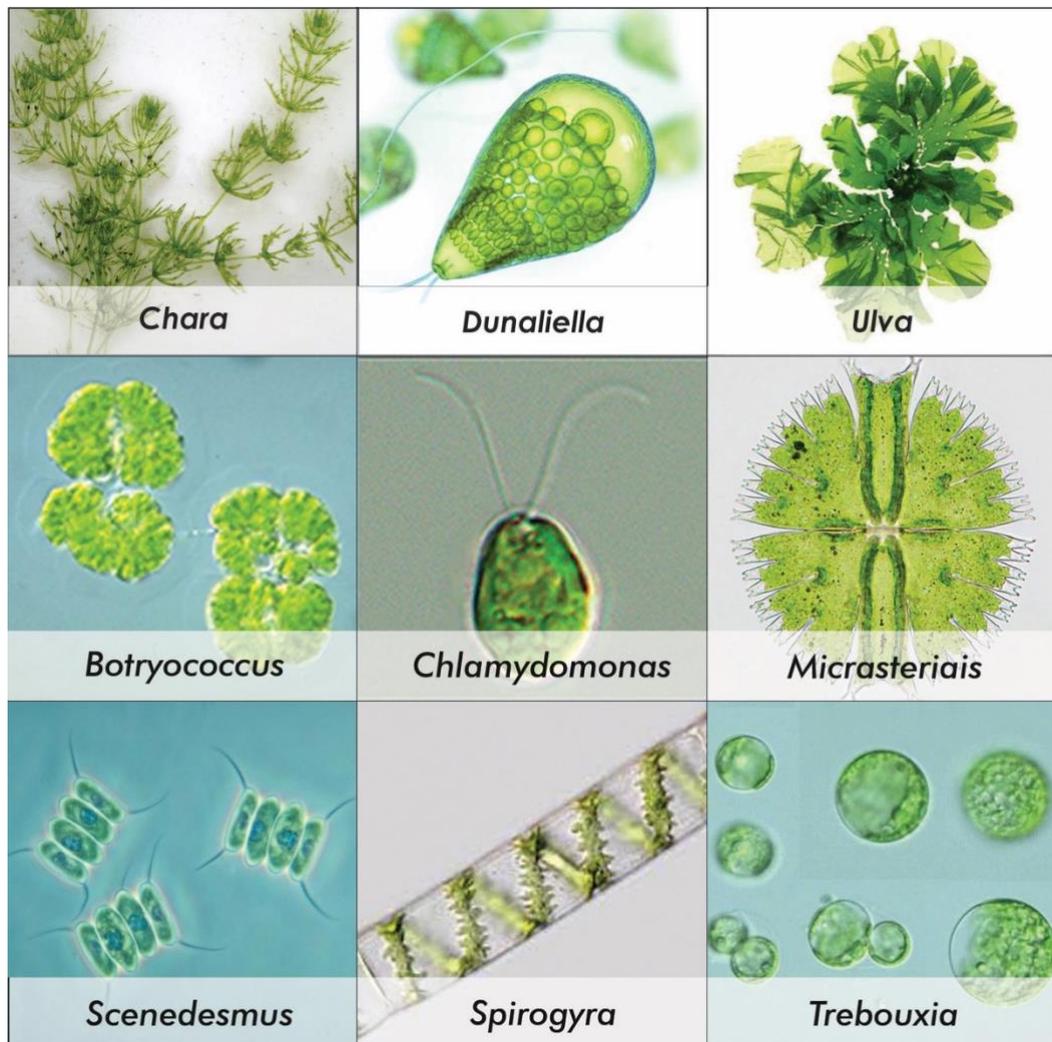


Figura 20. Exemplos de gêneros de algas verdes.

(E) Fungos:

Os fungos apresentam mais de 100.000 (cem mil) espécies descritas, formando um grupo amplo desde leveduras, a bolores e cogumelos, apresentando uma relação muito próxima aos animais.

Das suas características biológicas, a maioria é microscópica, terrestre, aeróbica e multicelular, podendo apresentar reprodução assexuada e sexuada com produção de esporos.

Os fungos são um grupo que temos uma familiaridade maior porque conseguimos os distinguir macroscopicamente também. Temos uma relação mais corriqueira quando vemos um pão mofado ou quando os utilizamos para a alimentação, no caso dos cogumelos que conseguimos encontrar ampla variedade nos mercados e nos pratos, principalmente de origem oriental, como é o caso dos cogumelos paris, fungi, champignon, shitake e shimeji. Existem ainda espécies de cogumelos altamente venenosos como o *Amanita*, que vivem comumente sobre folhas e troncos em decomposição.

Além disso, apresentam uma importância muito grande nos processos de fermentação alcoólica, produzindo muitas bebidas alcoólicas como cerveja e vinho, onde as leveduras (fungos unicelulares) transformam o açúcar em álcool. As leveduras são importantes também no processo de produção de pães e empregadas na indústria farmacêutica para produção de antibióticos, como é o caso da penicilina. Ainda em relação à importância dos fungos, algumas espécies anaeróbicas³¹ vivem no rúmen de animais ruminantes, fazendo também a fermentação dos alimentos.

Apesar dessa relação próxima com a indústria alimentícia, e aparentemente os fungos crescerem em diversos ambientes, eles são muito exigentes em relação às condições de crescimento, principalmente temperatura, presença ou não de oxigênio, humidade e nutrição. Os fungos podem ainda causar alguns malefícios a saúde dos animais, podendo ser parasitas e causadores de doenças como as micoses e a candidíase.

Os fungos são seres quimiorganotróficos, ou seja, secretam enzimas que digerem açúcares e proteínas fora das suas células, e que posteriormente são absorvidos, abastecendo-os de energia. São assim excelentes decompositores de matéria orgânica morta, provocando a decomposição de materiais como madeira, papel e tecido.

As espécies multicelulares são formadas por células filamentosas denominadas hifas, que apresentam paredes celulares tubulares constituídas por quitina, o que as tornam grossas e resistentes. Alguns destes fungos formam ainda estruturas reprodutivas macroscópicas, os corpos de frutificação, mais conhecidos como cogumelos, que liberam esporos que servem para a dispersão dos fungos para novos ambientes. Exemplos de fungos podem ser vistos na figura 21.

³¹ Organismo que cresce na ausência de oxigênio.

A maioria das plantas depende dos fungos presentes no solo para facilitar a absorção de minerais e água, formando associações simbióticas íntimas conhecidas como micorrizas. A contrapartida das plantas nesta relação é o fornecimento de nutrientes para os fungos.



Figura 21. Exemplos de gêneros de fungos.

(F) Vírus

Os vírus apesar de possuírem o seu próprio material genético, apenas conseguem se replicar no interior de uma célula, o que os tornam parasitas obrigatórios, infectando tanto células de procariontos quanto de eucariotos, causando doenças ao ser humano e a muitas outras espécies de seres vivos.

Apesar de serem considerados seres vivos, os vírus dependem das células hospedeiras para realizar todos os seus processos como obter energia, realizar processos metabólicos, como por exemplo, para replicar seu material genético, assim como para fazer

a síntese de todas as proteínas que os constituem, como é o caso das proteínas que formam sua estrutura extracelular e que carrega o material genético, chamada de vírion.

A maioria do genoma dos microrganismos é formada por uma fita dupla de DNA, como ocorre também nos eucariotos. Já nos vírus, porém, o material genético pode ser de DNA (ácido desoxirribonucleico) ou RNA (ácido ribonucleico), com as cadeias de moléculas formando uma fita dupla ou simples.

Por serem parasitas obrigatórios, o crescimento e controle da replicação dos vírus em laboratório se torna algo mais difícil, pois se têm que cultivar as células hospedeiras para que o vírus se replique, fora todas as regras de biossegurança a serem adotadas dependendo do tipo de vírus.

Alguns exemplos de vírus são (figura 22):

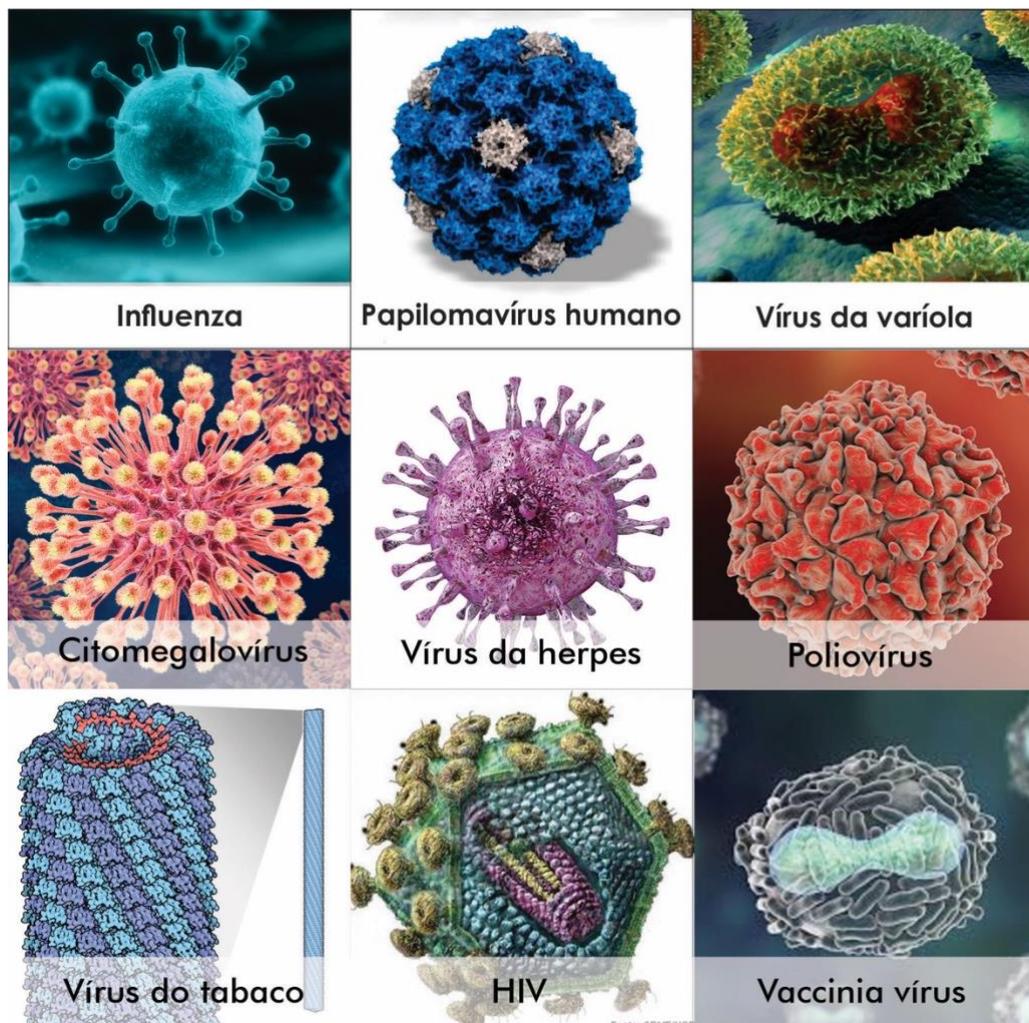


Figura 22. Exemplos de modelos 3D de vírus.

Estes são então, de forma geral, os seis grupos de microrganismos que podem ser utilizados no MBI. A partir do interesse em cada um deles vale a investigação do microrganismo que será vista na próxima etapa do MBI.

É importante lembrar também que no momento da seleção do microrganismo, não precisa ser escolhida uma única espécie. Vários microrganismos vivem em comunidades, ecossistemas, por isso, talvez seja positivo iniciar pela investigação da comunidade para então entender cada espécie que a constitui.

O conceito de comunidade e de ecossistema, também mostra a necessidade da utilização da teoria da complexidade para os estudos interdisciplinares, onde não somente são analisados os aspectos biológicos das interações e trocas entre os microrganismos, mas também o conceito de comunicação, compartilhamento, habitar, equilíbrio, onde são formados sistemas dinâmicos e complexos de organismos interdependentes, interagindo com os meios físicos em que vivem (que pode também ser outro ser vivo) formando um intrincado sistema com inúmeras variáveis e atores, de frágil equilíbrio.

2.3.1.2. Investigação do microrganismo

Aproveitando que foram descritos alguns dos microrganismos, é essencial que nos aprofundemos no seu estudo. Quando estamos focados em apenas uma característica de um microrganismo, talvez percamos a chance de explorar e agregar muitos outros fatores que podem ser surpreendentes em uma única espécie. Por exemplo, talvez a característica que tenha chamado à atenção em uma determinada bactéria tenha sido a produção de uma toxina, mas muitas outras coisas a seu respeito podem ser interessantes, como de que forma a célula se locomove ou mesmo se comunica quando está em alta concentração no meio de cultura³².

Nesta etapa veremos exatamente quais pontos podemos investigar e nos aprofundar nas características dos microrganismos, que os tornam seres tão curiosos e multifacetados, além de grande fonte de inspiração e de diversas possibilidades de aplicação em artefatos.

³² Chamamos de meio de cultura o ambiente propício e adequado ao crescimento de um determinado microrganismo, que contempla as suas exigências nutricionais. Meio de cultura é uma expressão que abre precedente para pensarmos em várias analogias, afinal o meio de cultura alimenta a todos, não somente as bactérias.

(A) Morfologia

Quando falamos em morfologia na microbiologia, estamos falando da forma, o arranjo dos elementos da natureza. Este foi o primeiro fator a chamar a atenção de Antony Van Leeuwenhoek (1632-1723), inventor de muitos microscópios do século XVII. O cientista holandês foi o primeiro a descrever a morfologia das bactérias, que denominou de animáculos que apresentavam o formato de bastonetes. Nesse período, só existiam dois filões de seres vivos, os animais e as plantas, e como os primeiros microrganismos observados por Leeuwenhoek apresentavam movimento, foram classificados como animais.

Foi graças à invenção e a tecnologia dos microscópios, sejam eles óticos ou eletrônicos, que permitiu enxergar esses pequenos seres vivos que antes povoavam apenas a imaginação dos cientistas. A visão materializou nesse primeiro momento a noção de que existiam seres muito pequenos como as bactérias e os protistas, no entanto, ainda não se sabia o que eles eram e o que faziam.

A visão é um sentido muito explorado nos dias de hoje e por isso permeia boa parte dos processos criativos, sendo assim um fator de grande importância para as pesquisas. Vale ressaltar que nem sempre a forma é percebida pela visão, que pode ser percebida também pelo tato, apesar da impossibilidade microscópica para a maioria dos microrganismos, o que não é o caso dos fungos e algas, que podem atingir tamanhos relativamente grandes.

A forma pode ainda ser percebida pelo sistema auditivo quando pensamos em sistemas operados pelo retorno, absorção e refração do som, como é o caso da locomoção dos morcegos, dos golfinhos e porque não dizer, dos humanos. Esse pensamento nos permite criar projetos explorando diferentes sentidos usando a morfologia, além da visão nos trabalhos microbioinspirados.

A morfologia dos microrganismos varia bastante, principalmente entre células de procariotos (bactérias e arqueias) e eucariotos (algas, protistas e fungos), e isso sem falar da constituição dessas estruturas que variam ainda mais como será visto a seguir.

Dentre as bactérias, temos vários formatos comuns e recorrentes como os cocos, os bacilos e espirilos, passando a morfologias mais incomuns como as espiroquetas, filamentos e as hifas. Além do formato das células, os procariotos também podem ter diversos agrupamentos de células em vários arranjos, como os estreptococos que formam longas

cadeias de cocos, a *Sarcina* com formato de cubos tridimensionais e os cachos de cocos nos estafilococos. As bactérias podem ainda apresentar morfologias atípicas como as bactérias filamentosas, a exemplo das actinobactérias que se assemelham a hifas de fungos, ou pedunculares. Independente desses termos mais técnicos que descrevem a morfologia pode ser visto na figura 23 que elas variam entre formatos esféricos, elípticos e cilíndricos.

A forma de um microrganismo não se relaciona a características triviais, e sim a características genéticas que permitiram sua melhor adequação a um determinado habitat. Talvez os formatos mais comuns tenham relação com o metabolismo celular, a captação de nutrientes, e a motilidade.

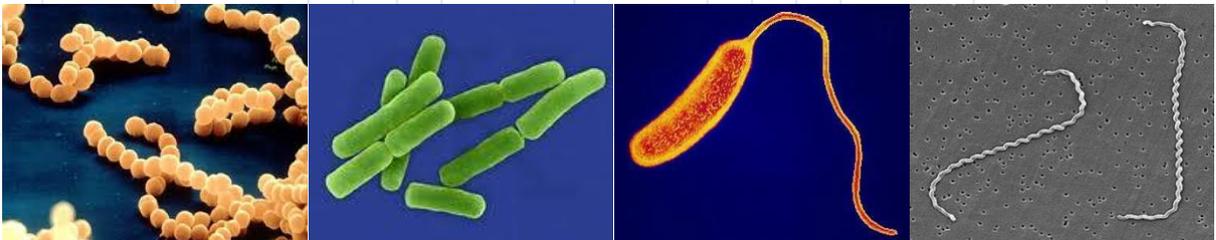
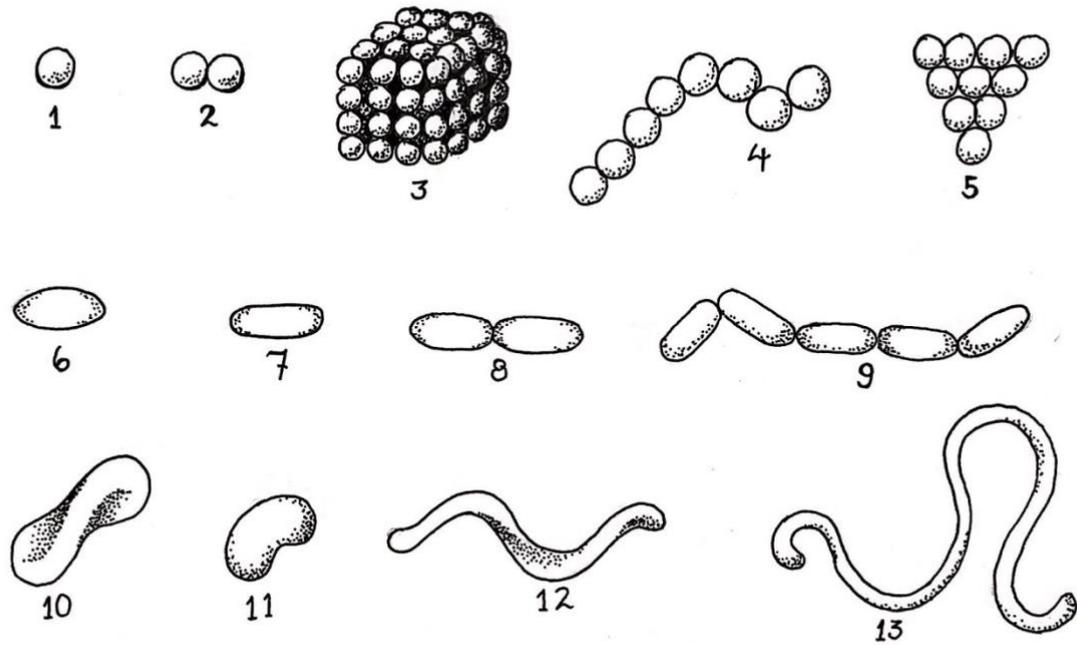
Cabe aqui a reflexão sobre a relação entre a forma das bactérias e sua sobrevivência e evolução e a forma dos artefatos, a usabilidade e seu sucesso com os usuários. Na microbiologia, apesar de um pensamento racional tornar a forma mais simples de um cocos ou um bacilo mais “funcional” ou “trivial”, muitas outras formas também tiveram um sucesso evolutivo como visto. Seria diferente quando comparamos a forma dos artefatos, onde devem ser atribuídos apenas a fatores racionais? Quais outros fatores também compõem essa equação? Fato é que para ambas as áreas, muitas são as variáveis associadas ao sucesso de uma determinada forma.

Várias forças seletivas durante o processo de evolução dos microrganismos devem ter levado ao sucesso de algumas morfologias, assim como algumas morfologias de artefatos também foram submetidas a forças seletivas sociais, econômicas e culturais que conduziram a seu sucesso com o usuário.

Um dos fatores que mais contribuiu para o sucesso dos microrganismos foi justamente o tamanho celular, um benefício de muitos micróbios de apresentam tamanho reduzido, geralmente na casa dos micrômetros³³ (μm).

Apenas para se ter uma noção do tamanho médio de uma bactéria, elas apresentam de 0,5 μm a 4 μm de largura a 15 μm de comprimento, no caso dos bacilos, sendo assim aproximadamente 1000 vezes menor que um grão de areia. Existem também células de tamanho desproporcional, como é o caso do procarioto quimiolitotrófico sulfuroso *Thiomargarita*, que quase pode ser vista a olho nu com seus 750 μm de diâmetro.

³³ Normalmente a unidade de medida utilizada para os microrganismos é o micrômetro (μm). 1 mm = 1000 μm .



Streptococos - Diplobacilo - Vibrião - Espirilo

Figura 23. Nos números de 1 a 5 vemos a morfologia de cocos com diferentes arranjos, sendo o número 3 a sarcina que forma cubos de cocos, o número 4 os estreptococos com longas cadeias de cocos e o número 5 os estafilococos com cachos de cocos. No número 6 temos um cocobacilo e do número 7 ao número 9 temos as variações de arranjos de bacilos. Do número 10 a 14 temos outros formatos de bactérias, como 10- helicoidal, 11- vibrião, 12- espirilo, 13- filamentosa.

É difícil reconhecer um microrganismo somente pela sua morfologia, pois alguns micróbios, como as arqueias e bactérias, por exemplo, podem ter o mesmo formato bacilar. Então porque destacar essa característica pensando em projetos criativos? Essa ênfase na forma é conferida aqui porque ela é uma grande fonte de inspiração, seja pensando em formas simples e mais funcionais associadas às bactérias e arqueias, ou formas complexas dos protistas e algas, que podem dar origem a projetos de coberturas para edificações, elementos para estamparia, esculturas com simetrias radiais, dentre outros.

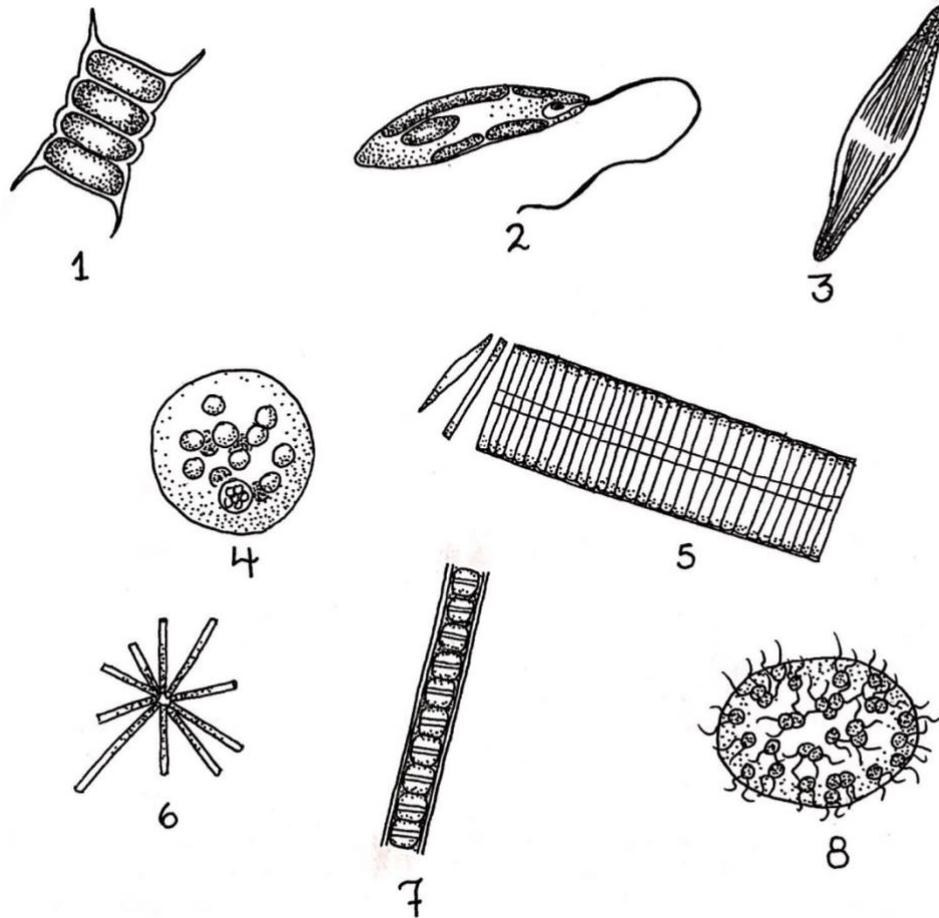
Todos os artefatos ou representações apresentam uma forma, seja ela figurativa, geométrica ou abstrata. Essa forma, além de dar uma estrutura para o artefato, pode atribuir propriedades especiais aos mesmos como veremos em alguns exemplos mais a frente neste capítulo.

Os protistas e as algas apresentam formas muito curiosas de organização que podem ser vistas na figura 24. Elas podem ser unicelulares ou multicelulares, e no caso específico do principal componente do plâncton de água doce ou marinha, as diatomáceas, apresentam parede celular de sílica, o que torna a sua forma rígida e muito resistente. A estrutura externa das diatomáceas constituem alguns dos fósseis de eucariotos mais conhecidos, podendo datar do período do surgimento das diatomáceas na Terra, com 200 milhões de anos.

Já os fungos são em sua maioria, multicelulares e formados por células filamentosas denominadas hifas. As hifas apresentam parede celular que envolve cada célula e apresentam paredes transversais para separar as células em unidades. Essas hifas geralmente crescem na superfície dos substratos formando tufo compactos, os micélios, que são macroscopicamente visíveis.

Alguns fungos formam ainda estruturas reprodutivas visíveis, repletas de esporos, que promovem a sua dispersão. Estes são os chamados corpos de frutificação, conhecidos mais comumente como cogumelos (figura 25).

Existem ainda os fungos denominados leveduras, fungos unicelulares muito utilizados na gastronomia para fermentação. As leveduras já apresentam uma estrutura mais simples, formadas por células ovais ou esféricas.



Actinastrum – Scenedesmus – Volvox

Figura 24. Morfologia do plâncton e de outras algas de superfície aquática. Pode-se ver como as morfologias são muito diferentes entre si. O número 1, *Scenedesmus*, apresenta um grupo de quatro células, enquanto o número 4, uma colônia de *Volvox carteri* apresenta uma série de colônias filhas em seu interior. 2- *Euglena*; 3- *Pinnularia*; 5- *Fragilaria*; 6- *Actinastrum*; 7- *Zygnema*; 8- *Eudorina*.

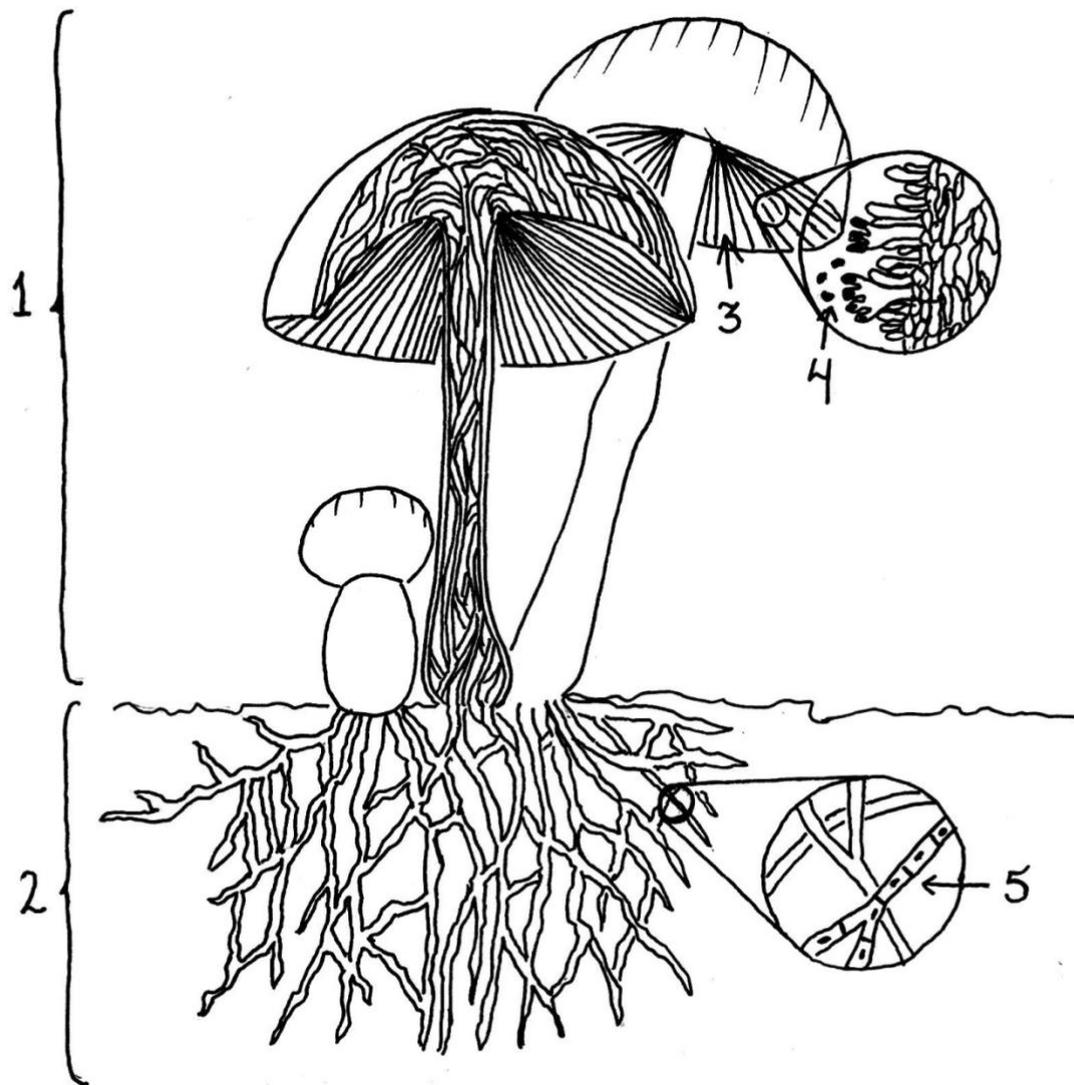


Figura 25. Estrutura fúngica formada por hifas (5). O conjunto de hifas é denominado micélio (2). Podem ser vistos na figura ainda as estruturas reprodutivas denominados corpos de frutificação (1) com suas lamelas (3) e os esporos (4).

Vários estudos e protótipos de objetos vêm sendo criados utilizando fungos, não apenas por sua forma e textura, como também por ser um material orgânico e por ter várias outras propriedades como leveza e rigidez. Um exemplo são os bancos desenvolvidos por Terreform ONE + Genspace, denominado Gen2Seat, e o Mycelium + Timber collectio, uma coleção de produtos criados por Sebastian Cox e Ninela Ivanova, que empregam fungos e madeira (figura 26).

No projeto Gen2Seat, o grupo de pesquisa tem buscado maneiras de controlar o crescimento do micélio do fungo Reishi (*Ganoderma lucidum*) e combiná-lo a outros biomateriais, como as acetobactérias e os biopolímeros. As formas aplicadas apresentam geometrias complexas que estão sendo estudadas e parametrizadas para servir de base para a criação de outros projetos de design e arquitetura. A intenção da pesquisa é aplicar o biomaterial como substituto dos plásticos a base de petróleo, empregando assim uma matéria mais ecológica e compostável.

Uma curiosidade relevante é que o fungo empregado neste projeto, o Reishi, também é conhecido como cogumelo da imortalidade ou da longevidade, sendo utilizado pela medicina tradicional chinesa há mais de 4000 anos como remédio natural para fortalecer o sistema imune e o fígado.

O Mycelium + Timber collectio, criado por Sebastian Cox e Ninela Ivanova compreende uma série de cadeiras e luminárias produzidos a partir de resíduos de madeira recém cortadas associados aos micélios do fungo *Fomes fomentarius*, já mencionado aqui na introdução. As peças são produzidas à medida que o fungo cresce ao redor dos resíduos de madeira, unindo seus pedaços depositados sobre o molde do produto, criando um material leve, mas resistente e também compostável.

A relação entre o fungo e a madeira é de longa data, uma vez que este é um dos ambientes tradicionais de crescimento de muitas espécies. No caso do *Fomes fomentarius*, foi necessário que os pesquisadores investigassem qual dos diversos tipos de madeira promoveria um melhor crescimento do fungo, chegando a duas espécies de madeira de baixo custo e desprezadas como matéria prima pela indústria, sendo elas a aveleira e o salgueiro de cabra.



Figura 26. Os bancos Gen2Seat (A - acima), e Mycelium + Timber collectio (B - abaixo), feitos utilizando fungos, explorando sua morfologia e características estruturais.³⁴

³⁴ Fonte: A- Disponível em: < http://www.terreform.org/projects_habitat_gen2seat.html>. Acesso em: 26 Jan 2019 e B- Disponível em: <<https://www.stylus.com/dqbbtm>>. Fonte: Acesso em 26 Jan 2019.

Já em relação à forma dos vírus, apesar deles não serem considerados células, também apresentam uma estrutura externa ao seu material genético, denominada vírion, que permite sua passagem de uma célula hospedeira para outra. O vírion consiste de um envoltório proteico chamado de capsídeo, podendo contar ainda com outro envoltório externo, o envelope, no caso dos vírus de animais. Além da função de proteção dos vírions, eles também estão relacionados à sua ligação e reconhecimento das células hospedeiras.

Esses sistemas de reconhecimento das estruturas virais não são exclusivos dos vírus, pois acontecem com vários outros sistemas celulares de organismos procariotos e eucariotos, onde os sistemas de sinalização e reconhecimento são formados por proteínas presentes em sua superfície que são específicas e funcionam como uma chave de reconhecimento único de um determinado tipo celular. No caso específico dos vírus, é graças a este sistema que eles sabem exatamente qual célula devem infectar.

Essas estruturas de reconhecimento podem criar projetos microbioinspirados quando pensamos, por exemplo, em sistemas de segurança e reconhecimento, como acontece nos artefatos tecnológicos que tentam criar sistemas únicos de reconhecimento de seus donos, senhas baseadas em propriedades biológicas únicas de cada ser humano. Atualmente temos esses sistemas de reconhecimento pela digital e pela íris, mas que ainda assim são passíveis de serem copiados. O que poderia ser criado, inspirado nesse sistema de chave e fechadura único dos vírus como um sistema de reconhecimento humano, onde empregariamos uma senha infalível, pessoal e intransferível? Podemos ser reconhecidos já pela nossa sequência de DNA, mas como impedir que outras pessoas tenham acesso a esta informação?

O reconhecimento celular viral de acordo com as proteínas presentes em sua superfície podem assim provocar reflexões sobre o desenvolvimento de diferentes sistemas de reconhecimento pessoal para compra, entrega de produtos, formas de serviço e segurança, de acordo com a interação entre o usuário e o artefato. Qual seria o parâmetro presente em nosso corpo que poderia nos identificar como seres únicos como acontece com as proteínas de superfície dos vírus? Esse parâmetro poderia ser utilizado como senhas de segurança para aquisição de serviços?

Também é graças a este sistema de reconhecimento de proteínas de superfície que foram encontradas muitas vacinas e formas de proteger o corpo e driblar a segurança viral.

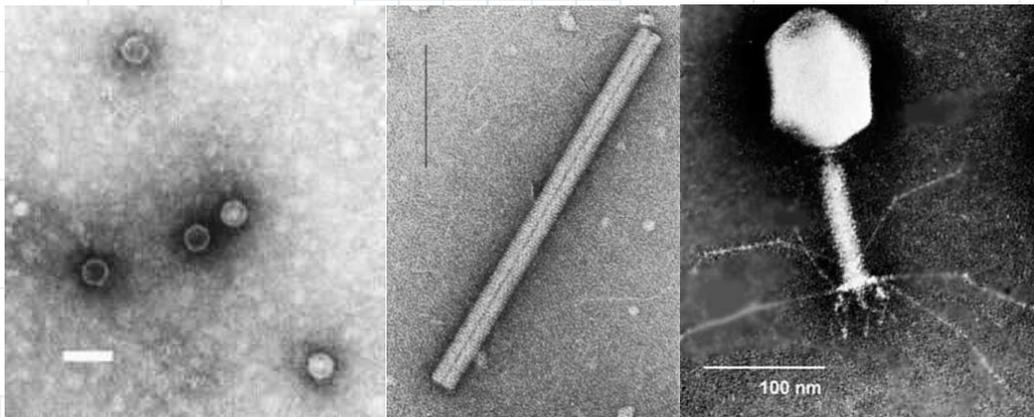
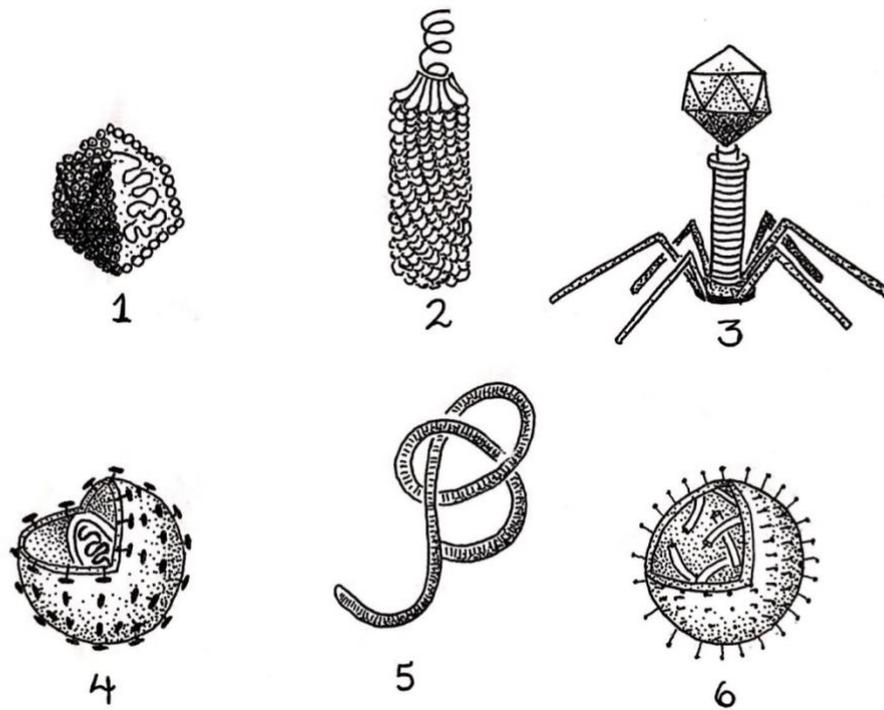
Para uma imunização eficaz, fazemos uma simulação de exposição do corpo à presença destas proteínas de superfície, inseridas no nosso sistema por meio de vacinas, antes mesmo de qualquer contato com o vírus. Essa exposição prévia nos faz criar anticorpos que nos protegem caso realmente entremos em contato com os vírus causadores de determinada doença. Muitas das doenças que ainda não encontramos solução apresentam esses sistemas de reconhecimento blindados, de difícil acesso.

Voltando a morfologia dos vírus, os mesmos são extremamente simétricos, graças à estrutura repetitiva das moléculas proteicas do capsídeo, que se organizam em formas precisas. Dois tipos principais de simetria podem ser vistos em suas formas, a simetria helicoidal nos vírus cilíndricos e a simetria icosaédrica nos vírus esféricos, existindo ainda outras simetrias mais complexas variantes destas anteriores, como a do bacteriófago T4, um vírus com cabeça icosaédrica e uma cauda helicoidal (figura 27).

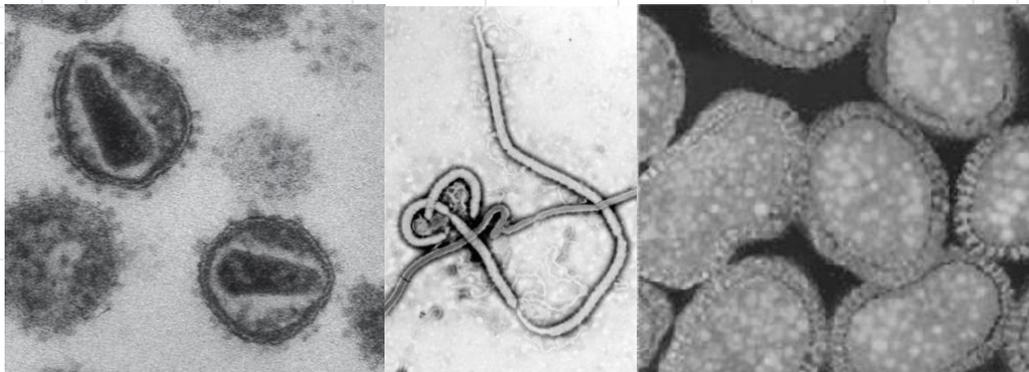
As simetrias dos vírus abrem espaço para muitas análises e criações microbioinspiradas de estruturas tridimensionais a partir da repetição de módulos simples encaixados, dobrados, torcidos, combinados de diferentes maneiras e que podem trazer o conceito de automontagem, como acontecem com os vírus.

Skylar Tibbits e Arthur Olson criaram uma instalação em pequena e em grande escala para a Conferência TED 2012 que aconteceu em Long Beach, Califórnia. A instalação denominada "*The Self-Assembly Line*" propõe uma estrutura interativa e performática onde um conjunto de módulos simples inspirado na simetria e modularidade viral são colocados no interior de uma estrutura maior que por meio da rotação, obriga que os módulos interajam.

Essa interação e o mecanismo magnético presente nos módulos garantem que as unidades do objeto entrem em contato, se alinhem e se conectem corretamente, formando espécies de produtos que podem ser utilizados como mobiliário urbano (bancos). A obra simula assim módulos virais com automontagem que a partir de diferentes programações, alterando as condições externas, a geometria e quantidade das unidades, possibilitariam a produção de sistemas auto montáveis para o design e a arquitetura (figura 28).



Poliomelite – Vírus do tabaco – Bacteriófago T4



Vírus do HIV – Vírus do Ebola – Vírus da Gripe

Figura 27. Várias simetrias virais (acima). 1- vírus da poliomielite com simetria icosaédrica, 2- vírus do tabaco com simetria helicoidal e 3- bacteriófago T4 com simetria complexa de cabeça icosaédrica e cauda helicoidal. Vemos ainda o vírus do HIV (4), vírus do ebola (5) e o vírus da gripe (6). Imagens de microscopia eletrônica das morfologias mostradas na ilustração (abaixo).

A partir do conceito de automontagem dos vírus e da nanotecnologia, Angela Belcher e seus alunos do Instituto de Tecnologia de Massachusetts (Universidade de Maryland) desenvolveram uma nova maneira de fabricar baterias em nanoescala. Criaram assim baterias a partir do vírus bacteriófago M13 geneticamente modificado, que apresenta uma alta produção de energia, criando um biogerador capaz de se multiplicar continuamente em milhões de novos vírus por hora, produzindo uma bateria de baixo custo que pode ser produzida em diversos formatos e tamanhos (figura 28).

As morfologias dos micróbios podem ser microbioinspiradoras não apenas no desenvolvimento e reprodução de suas formas, mas também em uma das áreas que mais tem crescido na atualidade, o desenvolvimento de novos materiais industriais e biossintéticos, como uma alternativa de material com maior durabilidade, qualidade e baixo impacto ambiental, quando analisadas as suas composições. Esses materiais podem ser desde pigmentos oriundos de bactérias ou como material estrutural como vimos no caso dos micélios de fungos associados a outros biomateriais.

Além disso, a análise do metabolismo e estrutura celular pode inspirar e originar propostas, por exemplo, sobre meios de transporte, locomoção, sistemas de entrega e logística, se o microrganismo for pensado como uma microindústria autopiética, onde ocorrem deslocamentos de moléculas e constituintes celulares a todo momento em um sistema de transporte e entrega muito eficiente.

Algumas microbioinspirações morfológicas podem ser vistas na figura 30, onde se tem uma composição de vestuário que lembra as lamelas de um cogumelo (fungo) no trabalho da estilista Iris Van Herpen, que se inspira na natureza para produzir as suas formas que flutuam entre o orgânico e o tecnológico, utilizando muitas vezes em sua confecção a tecnologia de impressão 3D multimaterial. Vemos também na figura 29 o projeto dos arquitetos Félix Candela, Antonio Maciá e Enrique Tamborell que projetaram o ginásio do Palácio dos Esportes do México com formação geodésica da cobertura que tem aparência semelhante às simetrias icosaédricas dos capsídeo dos vírus.

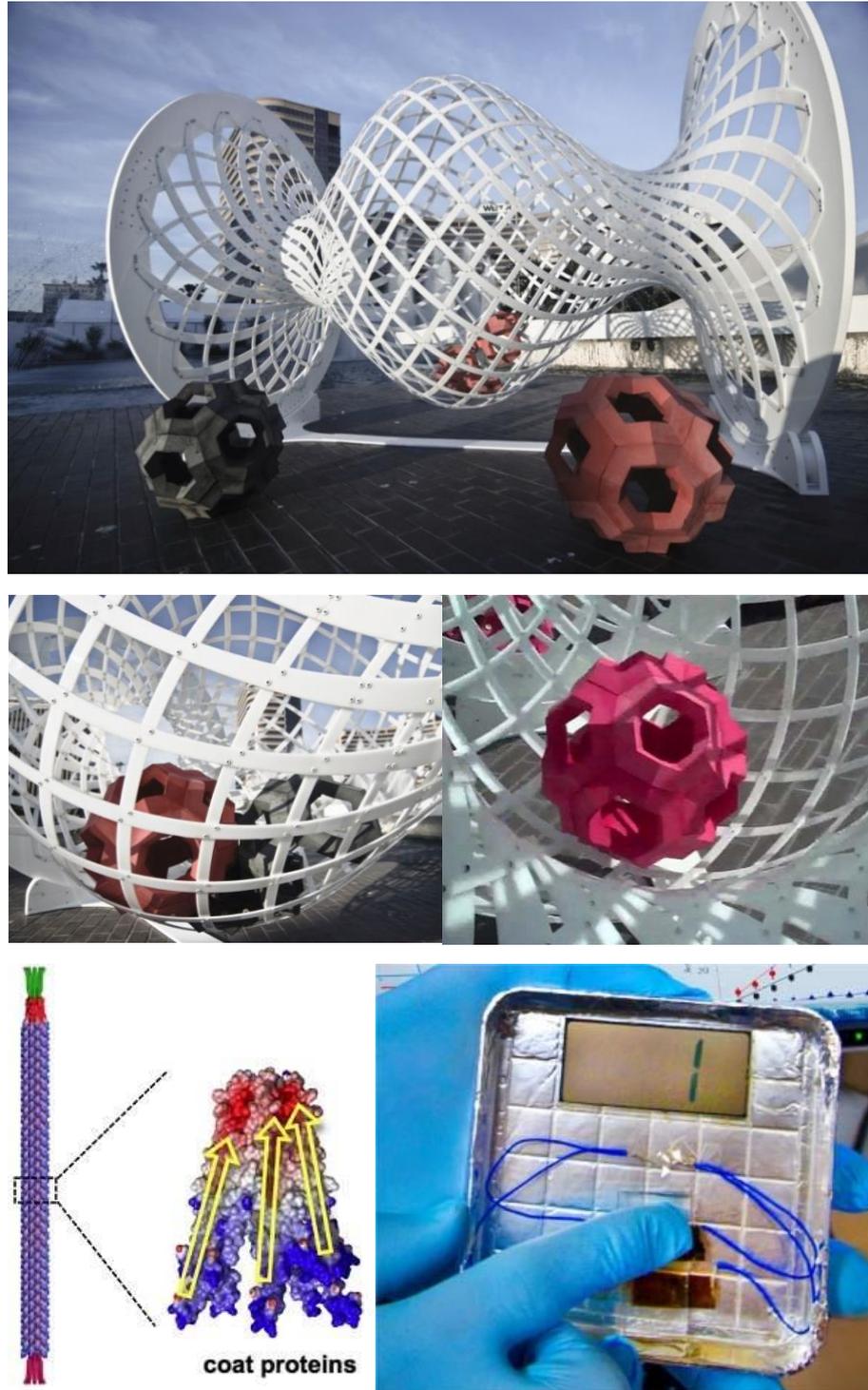


Figura 28. A- A instalação denominada “*The Self-Assembly Line*” mostrando o módulo de rotação branco com as estruturas dos módulos desmontados em seu interior e montados em seu exterior (nas cores vermelho e preto), com foco na parte externa e interna do módulo de rotação (acima e no centro³⁵). B- Modelo estrutural do bacteriófago M13 utilizado na microbateria mostrando sua cobertura de 2700 proteínas eletricamente carregadas e ao lado o protótipo do microgerador que está sob o dedo do pesquisador, que quando pressionado gera energia suficiente para acender o painel de LCD que mostra o número 1 (abaixo).

³⁵ A- Disponível em: <<https://www.archdaily.com/216336/the-self-assembly-line-skylar-tibbits/>>. Acesso em: 18 Mai 2019.

B- Disponível em: <<https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=eletricidade-gerada-virus&id=010115120515#.XOBvR1JKjDc>>. Acesso em: 18 Mai 2019.



Figura 29. A- Um vestido criado pela estilista Iris Van Herpen com bioinspiração com morfologia que lembra as lamelas dos cogumelos (em cima) e B- a estrutura do Palácio dos Esportes do México, um projeto colaborativo dos arquitetos Félix Candela, Antonio Maciá e Enrique Tamborell, com forma geodésica que lembra a simetria icosaédrica dos vírus.³⁶

³⁶ Fonte: A- Disponível em: <<https://wtvox.com/page/14/>>. Acesso em: 26 Jan 2019. B- Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/787664/classicos-da-arquitetura-palacio-dos-esportes-felix-candela>>. Acesso em: 26 Jan 2019.

(B) Genoma

O genoma é o conjunto de genes, e um gene é um segmento de DNA que codifica proteínas ou RNA, sendo a unidade funcional da informação celular. O DNA está presente tanto nos procariotos quanto nos eucariotos em forma de sequências de ácidos nucleicos e é exatamente essa sequência que determina a criação de todas as proteínas e enzimas produzidas pelos seres vivos. Fisicamente o genoma se encontra nos cromossomos celulares ou em grandes moléculas conhecidas genericamente como elementos genéticos.

Ao conhecermos o genoma de um microrganismo conhecemos melhor os seus genes e por meio das análises de bioinformática descobrimos o que eles codificam, possibilitando um melhor entendimento da função do microrganismo e de sua história evolutiva.

Partindo do conceito de Autopoiesis de Maturana & Varela já visto anteriormente, onde as células e por consequência os seres vivos têm a capacidade de produzirem a si mesmos, é baseado nas informações contidas no genoma de uma célula que esse conceito se faz possível. Os mecanismos de codificação celular dos genes e as informações ali contidas consagram o dogma central da vida e a possibilidade das células se renovarem a si mesmas e produzirem continuamente, por isso a importância dos estudos do genoma.

É por meio de mecanismos de regulação celular contidas em seus genes e dependentes do ambiente, que os microrganismos sabem o momento de dividir suas células e produzir uma determinada proteína ou enzima. Assim, os microrganismos são fábricas com dispositivos de codificação e regulação.

Os genes de um microrganismo podem ser examinados todos em um único experimento de sequenciamento dependendo do tamanho do DNA. Desde o primeiro sequenciamento realizado no vírus MS2 em 1977, muita coisa mudou e as novas pesquisas tem proporcionado uma maior velocidade nos processos de sequenciamentos automatizados de DNA contando ainda com menores custos.

Os microrganismos organizam o seu genoma de diferentes formas, diferindo principalmente entre os procariotos, que geralmente apresentam apenas um cromossomo que contém todos os seus genes e apresenta-se na forma circular, enquanto em eucariotos temos múltiplos cromossomos, todos em forma linear.

É importante que se saiba também que existem genes em outros lugares que não só os cromossomos. Esses genes geralmente não estão associados a funções vitais para os microrganismos como é o caso dos elementos como plasmídeos, genomas de organelas, genomas virais e elementos transponíveis, que serão explicados brevemente a seguir.

Os plasmídeos são elementos genéticos muito menores que os cromossomos e que se replicam independente deles. Normalmente apresenta-se em forma circular. A maioria dos plasmídeos não apresentam características essenciais para os microrganismos, podendo ser dispensáveis, no entanto apresentam características especiais como ser responsável pela produção de antibiótico, degradação de herbicidas, produção de pigmentos, resistência a antibiótico e metais tóxicos, assim como serem fatores de virulência³⁷.

Os genes estão sendo alterados a todo o momento durante a vida dos microrganismos, muitas vezes por processos espontâneos na célula, mas que conta com ampla rede de reparação. No entanto, algumas transformações e transferências de genes acontecem nos microrganismos e entre eles de maneira permanente.

As transferências genéticas horizontais, ou seja, quando uma célula doadora transfere genes para uma célula receptora podem ocorrer de diferentes maneiras, inclusive ultrapassando barreiras filogenéticas, envolvendo diferentes espécies de microrganismos, gêneros e até entre diferentes reinos. Existem também nos microrganismos elementos como DNAs móveis que mudam de posição dentro do cromossomo, provocando mudanças, transformações e evoluções nas células.

Dentre todos os microrganismos, o mais bem caracterizado geneticamente entre os procariotos e também os eucariotos é a *Escherichia coli*, uma bactéria modelo para as pesquisas de biologia molecular, também muito utilizada para realizar transformações genéticas em vários microrganismos.

Os vírus apesar de não serem células, são microrganismos que apresentam genoma de DNA ou RNA e dependem de uma célula para se replicarem e se transferirem de uma célula para outra, tendo o seu genoma um papel preponderante em um microrganismo que apresenta uma falsa ideia de simplicidade nas suas estruturas.

³⁷ É o fator de virulência que possibilita a um microrganismo causar determinada doença.

Podemos ver muitas aplicações de alterações genéticas nos microrganismos para melhorar ou alterar uma propriedade do mesmo tornando-o, por exemplo, resistente a algum antibiótico, inserir uma nova característica como possibilitar que ele produza algum produto químico nas células, ou mesmo eliminar alguma função dispensável ou que torna a utilização do microrganismo inviável, como a produção de alguma toxina.

Um excelente exemplo de um projeto que interferiu no genoma bacteriano para potencializar uma característica de uma bactéria é a empresa Pili. A Pili é uma empresa francesa que surgiu em 2015 com a proposta de produzir corantes utilizando bactérias como “biofábricas” geneticamente modificadas.

Essas bactérias potencializadas produzem por meio de sua fermentação de um meio de cultura simples, consumindo pouca energia e sem causar danos à natureza, uma grande quantidade de pigmentos para serem usados na indústria têxtil. A Pili procurou ainda projetar as melhores enzimas e biotecnologias de fermentação para transformar o meio de cultura rico em açúcar, em pigmentos de diferentes cores que estão sendo testados por empresas parceiras para tingir tecidos (figura 30).

Segundo a empresa, o foco da tecnologia que eles empregam está justamente nas enzimas, que é muito interessante para a produção de biomateriais de maneira sustentável por apresentar alta eficiência energética e alta especificidade na produção do pigmento. Com esta finalidade a Pili foi criada por um amplo grupo de pesquisadores interdisciplinares, entre químicos, designers, microbiologistas e administradores.

O genoma, mais do que conter um código, apresenta sequências de ácidos nucleicos de genes que são responsáveis por produzir diferentes proteínas ou enzimas na célula. Seria possível também fazer um paralelo entre o código genético e a possibilidade de se criar um artefato que contenha um genoma próprio ou que possa estar ligado ao genoma de seu usuário ou criador, tornando-o único e reconhecível. Se pensarmos os artefatos constituídos por seu próprio genoma, quais poderiam ser as consequências de intercâmbios genéticos entre eles, uma vez que estivessem conectados em rede?

As informações sobre os sequenciamentos genéticos de microrganismos ficam depositados em bancos de dados públicos, bastando para isso acessar a lista de projetos genômicos disponíveis no site www.genomesonline.org/.



Figura 30. Imagens das cores e material de divulgação da empresa Pili que utiliza bactérias como “biofábricas” para a produção de corantes sustentáveis empregados na indústria têxtil.³⁸

³⁸ Fonte: A- Disponível em: <<https://www.pili.bio/>>. Acesso em: 23 Jul 2019.

Uma área da biologia que tem crescido recentemente graças também ao desenvolvimento da genética e dos bancos de armazenamento de sequências genéticas, é a biologia de sistemas, baseada justamente nos sistemas complexos, onde se procura ter uma visão ampla do organismo a partir dos estudos integrados entre genômica, proteômica, metabolômica, dentre outros.

(C) Fisiologia

A fisiologia dos microrganismos diz respeito de maneira geral ao conjunto de operações que permitem o funcionamento normal do ser vivo, incluindo assim as reações físico-químicas que permitem a manutenção da vida celular e sistêmica dos indivíduos.

Agruparam-se assim neste item características como metabolismo, nutrição (meios de cultura), crescimento, multiplicação e motilidade (movimentação) que serão caracterizadas para um melhor entendimento dos microrganismos e suas funções pelos pesquisadores.

Por metabolismo podemos entender o conjunto de reações bioquímicas que acontecem em uma célula, seja anabólica (formação) ou catabólica (quebra). Ou seja, podemos compreender que são o conjunto de reações que proporcionam a permanência da vida, nas suas mais diversas formas, reafirmando o conceito de máquinas autopoieticas das células e dos organismos vivos.

O metabolismo pode ser genético, quando relacionamos a replicação, tradução e transcrição de genes ou catalítico quando relacionamos a produção de energia e a biossíntese de substâncias como nutrientes, toxinas, antibióticos, pigmentos, dentre outros. Quase sempre o interesse por um microrganismo tem relação com a biossíntese de algum produto, ou mesmo na execução de uma reação.

Esses produtos da biossíntese podem ser assim usados amplamente como expoentes para a criação de artefatos, mas o próprio entendimento das reações, de geração de energia, replicação de material genético e traduções de genes³⁹, podem colaborar com a metáfora de

³⁹ A tradução representa a tradução da informação presente nos genes em informação para gerar as proteínas e enzimas.

um metabolismo criativo. Podemos pensar também em artefatos como fábricas de biossintéticos, onde um artefato pode gerar energia, nutrientes ou matéria prima para a produção de outros artefatos.

O exemplo de um projeto que empregou o conceito de metabolismo para a criação de artefatos foi o Biostudio, projeto do grupo de pesquisa e desenvolvido por mim durante o mestrado, onde o pigmento produzido por actinobactérias foi utilizado para tingir tecidos de fibras naturais e criar estampas localizadas por meio da técnica de estêncil.

Neste projeto iniciou-se com uma hipótese vaga de se o pigmento produzido por algum tipo de bactéria poderia ser empregado para o tingimento de fibras naturais, como o algodão, o linho e a seda. A primeira etapa para a realização da pesquisa foi a seleção de microrganismos em bancos de universidades federais para a possibilidade de realizar experimentos. O microrganismo encontrado foi localizado na Coleção de Microrganismos da Universidade Federal de Pernambuco no Departamento de Antibióticos (UFPEDA), que apresenta uma coleção de bactérias, predominantemente actinobactérias.

As actinobactérias cedidas UFPEDA para a pesquisa são originárias do solo da Caatinga de Pernambuco e não são patogênicas. Além disso, das seis cepas estudadas, cada uma delas produzia um pigmento, fruto de seu metabolismo celular, com diferentes colorações como: lilás, vermelho, verde acinzentado, amarelo queimado e laranja.

Nos experimentos realizados em laboratório foram testados diversos tecidos como laise, guipure, cambraia, tricolore, georgette, todos com composição 100% algodão, linho ou seda.

Para o processo de tingimento foram testados meios de cultura sólidos e líquidos e crescimento em placas de Petri ou em Erlenmeyers⁴⁰, mas sempre com o tecido já em contato com o meio de cultura e o microrganismo. Uma grande vantagem destas actinobactérias é que o meio de cultura onde elas são crescidas para a produção de pigmento é constituído basicamente por farelo de aveia, água e uma solução com traços de sais. Outra vantagem é a temperatura de crescimento de 36 °C, bastante inferior à temperatura de tingimento reativo com corantes sintéticos que geralmente ocorre a 60 °C.

⁴⁰ Tipo de vidraria em formato de tronco de cone com abertura na face superior utilizado comumente em laboratório.

As actinobactérias cresceram assim em contato com o tecido durante cinco dias, tempo suficiente para que ocorresse a máxima produção de pigmento possível. A técnica que se mostrou muito mais eficiente para o tingimento dos tecidos foi o crescimento das bactérias sob agitação (devido a grande demanda de oxigênio do microrganismo) e em meio de cultura líquido, onde o tecido aumentava a área de contato com o pigmento.

Depois do tingimento os tecidos foram lavados em água corrente fria e com sabão neutro e secados a sombra conforme a recomendação dos fabricantes. Neste processo parte do pigmento foi perdido, mas os tecidos conservaram-se coloridos, principalmente os de coloração vermelha e verde acinzentado em tecidos de composição 100% linho, provavelmente devido à torção, rusticidade e outras características deste fio.

Após a primeira fase dos experimentos de tingimento, uma segunda fase foi realizada para a criação das estampas de bactérias, onde as actinobactérias foram colocadas para crescer em placas de Petri com meio de cultura sólido, juntamente com o tecido de fibra natural e um acetado recortado com desenhos diversos. O objetivo deste experimento era verificar se a actinobactéria era capaz de crescer somente nos espaços vazados do acetado, tingindo localmente os tecidos, formando assim uma estampa localizada produzida por estêncil.

As actinobactérias cresceram nos espaços vazados do acetado formando grandes blocos de cor e reconstituindo assim o desenho do estêncil, que foi posteriormente retirado. Os tecidos estampados foram colocados para secar em estufa a 60 °C e depois lavados e passados, tornando-se levemente mais escuros, mas com a estampa fixada ao tecido.

Além disso, os tecidos tingidos foram fotografados ao microscópio para visualização do local de alojamento das bactérias que normalmente se encontravam nos cruzamentos das fibras e foi possível se perceber também, que o tingimento natural com pigmento de actinobactérias não ocorre de maneira uniforme, criando espécies de *tie dyes*⁴¹. As imagens fotografadas no microscópio foram transformadas em módulos e aplicadas em outros tecidos por meio da técnica de sublimação.

⁴¹ É uma técnica de tingimento artístico em tecido onde são formadas estampas variadas com característica manchada, com uma ou mais cores.

Pode ser visto na figura 31 justamente as placas com meio de cultura sólido e os *Erlenmeyers* com meio de cultura líquido ao final dos cinco dias de crescimento das actinobactérias, evidenciando as cores dos pigmentos produzidos; o processo de criação das estampas localizadas com a utilização de estêncil com um acetato de cor azul; e por fim uma das estampas criadas com a modulação da fotografia da microscopia óptica do tecido tingido e uma fotografia editorial de uma peça de vestuário confeccionada utilizando um dos tecidos estampados com a técnica de estêncil.

No projeto Biostudio ainda existiam outros fatores relacionados ao metabolismo das actinobactérias que foram pouco explorados como a produção do pigmento, a produção de antibióticos pelas mesmas cepas de bactérias, e a produção de geosminas que atribuíram ao tecido o cheiro de chuva que sentimos comumente quando a água atinge o solo, e que traziam poética, memória e sensibilidade aos tingimentos e estampas.

Além de pesquisarmos o metabolismo dos microrganismos, podemos investigar neste tópico também o crescimento deles. Os microrganismos assim como quaisquer outros seres vivos apresentam um ciclo de vida, onde podem passar por diversos estágios, até sua divisão celular e eventual morte.

De acordo com cada tipo de microrganismo e espécie, as estratégias geralmente são traçadas e indicam que a sobrevivência foi possível principalmente em relação às formas de dispersão do microrganismo.

Como se dispersar por vários ambientes quando pensamos em bactérias de solo, pode ser até intuitivo, mas como elas conseguem sobreviver quando limitadas a ambientes internos como o intestino de um determinado réptil, por exemplo?

A teoria de evolução das espécies publicada por Darwin (1809-1882) em “A Origem das espécies” (1859), muitas vezes é questionada quando coloca que a competição é a principal força que impulsiona a evolução das espécies, enquanto outras linhas de pesquisa relacionam que a força relacionada à evolução é o espaço disponível para que a vida aconteça, o que pode ser traduzido justamente como a disponibilidade de alimento e um habitat favorável para reprodução.

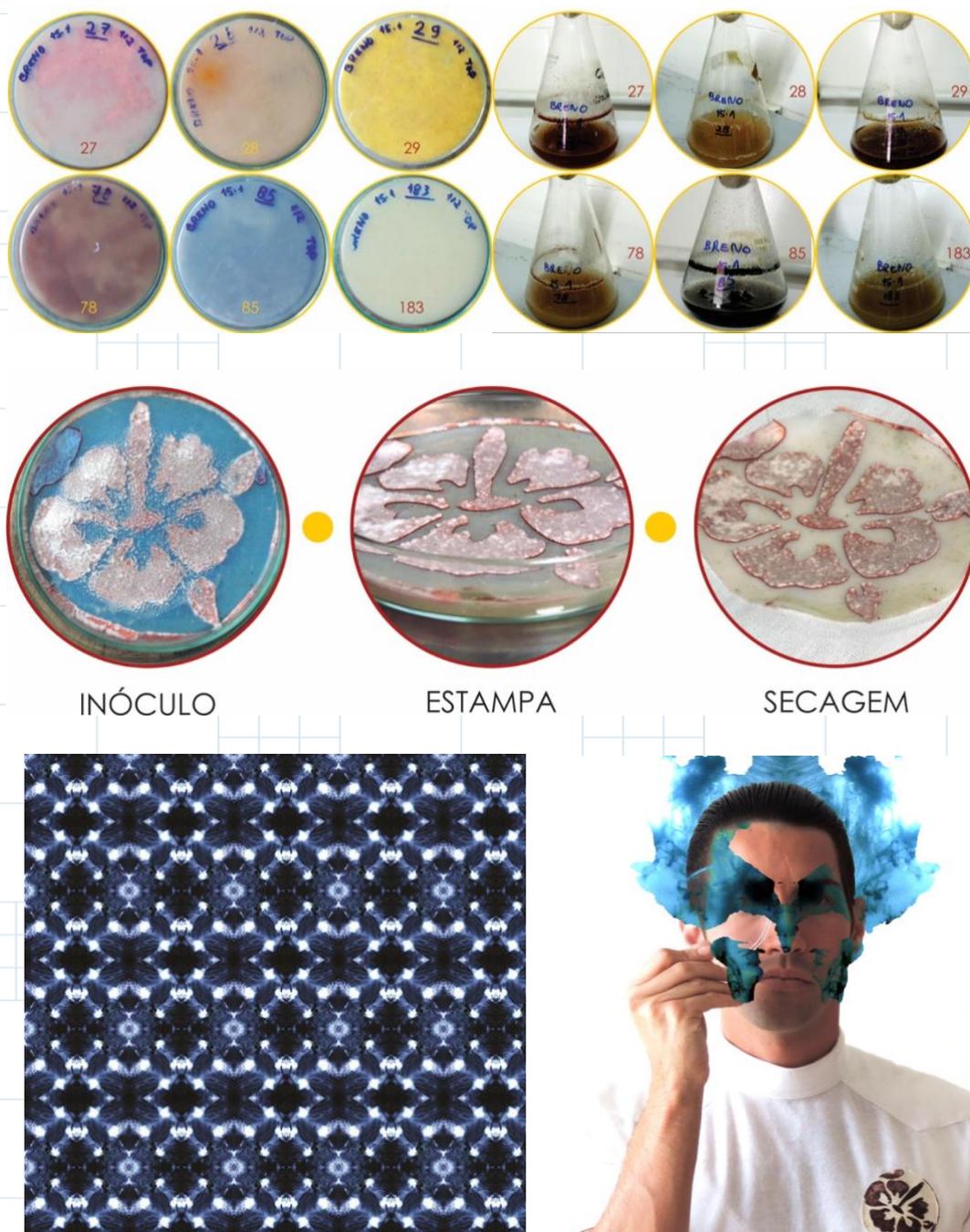


Figura 31. No topo vemos as colorações produzidas pelos pigmentos de actinobactérias em placas de Petri e em meio líquido em Erlenmeyers do projeto Biostudio; ao centro vê-se o processo de produção das estampas com actinobactérias criadas com a técnica de estêncil; e embaixo a estampa produzida a partir de fotografia tirada do tecido tingido com actinobactéria e foto do editorial produzido com peça de vestuário utilizando estampa localizada criada com actinobactéria.

Assim, comparativamente nas áreas criativas, como um autor surge e como seu trabalho sobrevive ao tempo? Seriam as forças competitivas preponderantes? Como se dá a dispersão de um artefato? Quais os fatores relacionados à sobrevivência de microrganismos poderiam ser adotados pelos artefatos para que sejam mais duráveis ao fator tempo? Como podemos pensar em artefatos que podem se multiplicar e dispersar dependendo dos ambientes em que se encontram? Esses são alguns dos questionamentos que podemos relacionar a esta questão microbiológica.

Além disso, os microrganismos unicelulares, quando se reproduzem dentro de uma colônia isolada a partir de um único microrganismo produzem quantidades imensas de replicantes, de células idênticas, clones. Como analisar então o conceito de reprodução nas áreas criativas em relação à microbiologia?

É de suma importância se analisar também a nutrição dos microrganismos e qual seriam os melhores ambientes para crescê-los e multiplica-los, tanto em seu habitat natural quanto em laboratório. Comumente, em laboratório utilizamos meios de cultura que podem ser não específicos e crescerem diferentes tipos de espécies de microrganismos, provendo-os de diversos nutrientes, ou então meios de cultura específicos que potencializam o crescimento de uma determinada espécie.

Independente do tipo de meio de cultura, ele pode ser líquido, semi-sólido ou sólido, onde geralmente utilizamos um composto denominado ágar (um polissacarídeo extraído de certas espécies de alga e que atribuí uma maior consistência aos materiais aquosos) em diferentes concentrações para tornar o meio de cultura pastoso ou de fato sólido, quando em maior concentração.

A função de cada um desses meios depende da proposta do experimento. Geralmente quando queremos isolar uma colônia única do microrganismo que seja formada por microrganismos com genoma idêntico, geralmente utilizamos o meio de cultura sólido para isolar uma colônia. Já o meio de cultura líquido permite ao pesquisador obter um volume consideravelmente grande de células, e muito maior do que seria possível em um meio sólido.

Além do meio de cultura, o crescimento de um microrganismo é constantemente influenciado pela temperatura, o pH do meio, a presença ou não de oxigênio e em determinada concentração e a pressão atmosférica.

Esses dados geralmente são caracterizados pelos pesquisadores que descobriram a existência de determinada espécie e podem ser encontrados em atlas microbiológicos, livros de práticas laboratoriais, nos sites dos fabricantes de meios de cultura microbianos e nos materiais e métodos de artigos científicos.

Já a motilidade microbiana são os mecanismos que conseguem fazer com que a célula ou o microrganismo tenha uma autopropulsão, ou seja, uma movimentação ativa. Ela ocorre geralmente com o objetivo do microrganismo conseguir explorar outras regiões de seu ambiente e assim encontrar outras oportunidades e recursos para sua sobrevivência.

Geralmente os microrganismos procarióticos apresentam uma motilidade natatória ou deslizante, utilizando para isso flagelos ou outros artifícios de deslocamento. Os flagelos são estruturas alongadas com forma helicoidal promovendo um movimento rotatório, empurrando ou puxando o microrganismo no meio. Podem estar presentes em uma única unidade por microrganismo ou serem múltiplos em cada célula.

Já o deslizamento é caracterizado nos procariotos somente em bactérias, ocorrendo geralmente em morfologias filamentosas ou bacilares, como algumas cianobactérias filamentosas. O deslizamento somente ocorre quando a bactéria se encontra em meio de cultura sólido, onde a produção de uma secreção de um polissacarídeo limoso promove a propulsão e deslizamento da célula. Outro tipo de deslizamento mais incomum ocorre em bactérias que apresentam um *pili tipo IV*, uma proteína filamentosa longa que ao se estender e contrair, acaba por arrastar a bactéria sobre uma superfície sólida.

Já os microrganismos eucariotos apresentam uma grande diversidade de mecanismos de motilidade, principalmente nos que apresentam vida livre ou que são patógenos, utilizando com esta finalidade estruturas como, por exemplo, os flagelos, cílios e pseudópodos composto por filamentos e microtúbulos que promovem o alongamento e contração da superfície celular proporcionando um deslocamento por arraste.

Assim como vimos na análise da morfologia dos microrganismos, podemos pensar a motilidade para aplicar em artefatos em uma avaliação mais direta e comparativas das

formas de locomoção do homem e produzidas pelo homem, mas com as tecnologias microbianas. Podemos também relacionar não somente a forma de locomoção como a fonte de energia utilizada pelo microrganismo para tal finalidade, assim como pensar o traçado de rotas e sinalizações dos microrganismos, pensando na locomoção do homem nas cidades e transportando essas locomoções para projetos de meios de transporte e urbanismo.

Essa motilidade pode ainda ser estudada tanto pensando em meio físico, como também para meios digitais, onde os vírus podem traçar rotas e meio de reconhecimento celular ou digital para se movimentar, replicar e isolar dentro de redes e de células.

(D) Ecologia

A ecologia é o estudo das inter-relações entre organismos e seus ambientes. Especificamente quando falamos em ecologia na microbiologia, estudamos as importâncias comerciais, do ciclo de vida e das relações e associações entre os próprios microrganismos e entre eles e outros organismos vivos, formando biofilmes ou simbioses (parasitária, patogênica, comensalista e mutualística). Incluiremos aqui ainda neste tópico a evolução microbiana, a caracterização dos ecossistemas em que vivem e a comunicação entre os microrganismos, em especial a bacteriana.

Dentre os tópicos da ecologia microbiana, a simbiose com certeza é um que chama bastante atenção. Essa relação duradoura e íntima entre microrganismos, da mesma espécie, de espécies diferentes, ou mesmo entre microrganismo e organismos de outros gêneros ou reinos, sempre é benéfica para o microrganismo. Já para o outro organismo, nem sempre a relação tem um saldo positivo, como é o caso dos microrganismos parasitas que se beneficiam em detrimento de seu hospedeiro e os patógenos, que causam doenças. Já quando a relação não causa nenhum efeito detectável no hospedeiro chamamos essa relação de comensal e de mutualística quando essa relação é benéfica para todos os envolvidos.

Muitas dessas relações simbióticas começaram há milhares, milhões de anos atrás, possibilitando a evolução e sobrevivência de muitas espécies de organismos e microrganismos. Essas relações muitas vezes são tão íntimas e duradouras, que a coevolução

destes organismos fez com que a simbiose se tornasse obrigatória para ambos, onde os organismos somente vivem quando unidos.

Independente do tipo de relação ela pode se dar entre microrganismos da mesma espécie, ou de diferentes espécies, como é o caso dos líquens. Os líquens são fruto de uma simbiose mutualística microbiana entre um fungo e uma alga ou cianobactéria, os quais apresentam aspecto foliáceo ou incrustante, estando presentes na superfície de rochas nuas, troncos de árvores ou em qualquer superfície exposta ao meio ambiente e na qual dificilmente uma das duas espécies cresceria separadamente. Nessa relação, a alga ou cianobactéria é responsável pela produção de matéria orgânica, por ser fototrófica, fornecendo nutrientes para o fungo; já o fungo é quem fornece proteção e fixação na superfície do material que habitam, além de fornecer também alguns nutrientes inorgânicos retirados das rochas ou madeira.

Os líquens são assim formados por seres simbioses que somente sobrevivem devido à relação que criaram. Devido à situação extrema em que vivem, crescem lentamente, em média 2 cm ao ano e apresentam uma importância ambiental por serem bons sinalizadores da presença de poluição do ar, pois somente se desenvolvem em ambientes muito limpos.

Além disso, são excelentes para o tingimento natural de têxteis pela síntese de corantes. Com um manejo consciente, parte do líquen pode ser retirada para o tingimento de fibras naturais, que depois volta a se desenvolver no substrato. A grande vantagem da utilização deste tipo de tingimento utilizando líquens é que ele não precisa da utilização de mordentes (agente químico que promove a ligação do corante à fibra), tendo boa aderência às fibras e com colorações entre marrom, amarelo, vermelho e roxo, dependendo do substrato em que crescem e do tipo de alga ou cianobactéria que está associada ao fungo (figura32).

Existem também simbioses entre microrganismos e diversos tipos de animais, desde invertebrados até grandes mamíferos como os bovinos, e como mencionamos várias vezes o próprio homem, estando presente externamente ou internamente aos seus corpos.

As simbioses podem acontecer ainda entre os microrganismos e as plantas, promovendo o seu crescimento, ou mesmo infectando e destruindo. Um exemplo de

simbiose mutualística entre raízes de plantas e fungos são as micorrizas, nas quais os nutrientes são compartilhados entre ambas as espécies.

Nessa associação mutualística entre fungos e raízes de plantas, o compartilhamento de nutrientes acontece nos dois sentidos, o fungo fornece fósforo, potássio e nitrogênio retirado do solo e a planta fornece carboidratos para os fungos. Essa simbiose não é obrigatória, mas apresenta uma drástica diferença no crescimento dos organismos envolvidos. Quando associados, ambos podem crescer pelo menos duas vezes mais e mais rápido do que separados (figura32).

Por esta razão, por permitir um maior crescimento das plantas, essa simbiose é muito bem vista pela agricultura e bastante praticada. Além disso, o estudo das micorrizas tem se intensificado, pois se descobriu que é por meio dessa ampla rede de interação que diversas plantas e fungos se comunicam nas florestas, promovendo compartilhamento de nutrientes e informações, permitindo assim que plantas mais novas sejam protegidas e tenham maior desenvolvimento, promovendo a sobrevivência de espécies parceiras.

Essa rede serve ainda como comunicação de sinais de alerta quando algum invasor ou patógeno se instala ou contamina alguma planta, havendo um esforço coletivo das plantas que se encontram em uma determinada região em produzir toxinas e eliminar os inimigos. Dessa maneira, além de falarmos sobre simbiose, também falamos sobre comunicação, coletividade, e tantos outros fatores transversais da pesquisa, que podem inspirar a produção de novos artefatos.

Os estudos destas inter-relações dos microrganismos nos levam a pensar também sobre as relações das áreas de estudo aqui colocadas (arte, design, moda, arquitetura, engenharia, dentre outras). Como se dão essas relações? Como podem ser classificadas? Quais benefícios podem advir destas relações? Como podemos estabelecer relações e associações para aumentar o potencial criativo? Enfim, como estudar a ecologia e conseguir transportar esses conceitos para a criação de projetos.

Já passando para o tópico evolução, a teoria da origem das espécies, mencionada anteriormente, é à base do pensamento e da criação do significado da evolução utilizado nos dias de hoje. A evolução tem como sentido genérico a ideia de desenvolvimento, assim

como de transformação e progresso, que intuitivamente associa o conceito de ascendência e melhoria.



Figura 32. Líquen presente na casca de uma árvore com coloração variando entre vermelho e verde; e ao lado lã tingida naturalmente com líquen (A- em cima). Ilustração mostrando a associação mutualística entre fungos e raízes de plantas e foto de planta mostrando como se dá essa associação no solo; embaixo vemos como essa

associação das micorrizas permite a comunicação entre diferentes espécies de árvores na floresta. (B – no centro e embaixo).⁴²

Baseado nisso, são realizados os trajetos das árvores filogenéticas, para o entendimento e busca de ancestrais comuns e para se entender também para onde estamos indo. Essas pesquisas são geralmente traçadas de acordo com análises genômicas de cada espécie depois comparadas com base de dados. Aceitar o evolucionismo desta forma rasa pode levar a confusão de fatores éticos, sociais e culturais.

Podemos comparar então a evolução dos microrganismos com a evolução das áreas criativas? A ideia de progressão se faz presente na evolução criativa? Podemos pensar em artefatos que evoluem segundo critérios próprios programados por meio de algoritmos que simulam aqueles presentes na natureza?

Entender como se dá a evolução pode assim nos fazer repensar a maneira como produzimos os artefatos e com qual finalidade. Além das questões de competições e luta pela sobrevivência que eram discutidas por Darwin de maneira muito direta, onde a espécie mais bem adaptada a um ambiente sobrevivia, mas que é relativizada quando pensamos em artefatos. O que seria um produto ou uma obra de arte bem adaptada? O que faz com que eles sobrevivam com o tempo?

Quando pensamos então no conceito de ecossistema as questões passam a ficar ainda mais complexas e é essencial que possamos olhar para ela por meio dos sistemas complexos e como as inter-relações entre os microrganismos, os outros organismos e seus habitats formas teias imensas de ações e reações, produzindo os grandes ciclos da natureza.

O conceito de ecossistema está relacionado então à complexa interação entre os seres vivos e seu ambiente físico, interagindo continuamente. Desta maneira, podemos traçar os três principais ecossistemas dos microrganismos, os meio aquáticos (oceanos, lagos, rios, gelo e fontes termais), os meios terrestres (solo superficial e profundo) e os organismos superiores (plantas e animais).

⁴² Fonte: A- Disponível em: <<https://aervilhacorderosa.com/2011/02/liquenes/>>. Acesso em: 29 Jul 2019 e B- Disponível em: <<https://video.nationalgeographic.com/video/decoder/00000165-61d1-d3b2-a17d-e9f9571f0000>>. Fonte: Acesso em 29 Jul 2019.

Analisar ecossistemas significa parar de pensar exclusivamente no artefato e pensar também nas suas relações com o mundo, ou deixar de pensar no microrganismo e analisar a sua conexão com outros fatores ao seu redor em uma análise que necessita da teoria da complexidade para isso.

Entender um ecossistema nos permite ver o MBI de outra maneira, compreendendo que as pesquisas apresentam diversos fatores envolvidos, entre ideias, pesquisas e experimentos e que acontecem em uma determinada cidade, região do planeta, e mesmo que produzida localmente, pode afetar outros ecossistemas globais.

O MBI entendido como um método vivo e que procura traçar inter-relações nos dados pesquisados colabora com a grande rede de conhecimentos interdisciplinares que estão sendo produzidos no mundo, e a formação destas redes e a continuidade de processos de pesquisa são essenciais para o desenvolvimento do conhecimento do homem a respeito do mundo em que vive.

Por último nesse tópico falaremos sobre uma instigante e ainda muito desconhecida propriedade dos microrganismos que é a comunicação, seja entre microrganismos da mesma espécie, de espécies diferentes e até entre reinos diferentes.

A comunicação para os filósofos e sociólogos é utilizada para designar a existência das relações humanas, podendo se assemelhar ao significado de coexistir e de vida em sociedade.

Da mesma maneira a coexistência dos microrganismos, sejam eles de uma mesma espécie, de espécies diferentes ou mesmo entre uma espécie e o meio ambiente, podem ser mediada por meio de uma interação que no grupo de bactérias é denominada de *quorum sensing*.

Esse tipo de comunicação bacteriana funciona como um sistema de monitoramento das populações de microrganismos controlando, por exemplo, a expressão gênica de acordo com a densidade de células em um determinado meio. É por consequência desta comunicação, que uma comunidade microbiana pode ativar comportamentos como o ataque a microrganismos competitivos e produção de fatores de virulência conduzindo a produção de toxinas e/ou antibióticos, promover a fixação da população em um substrato, conduzir a formação de biofilmes, produzir a bioluminescência, induzir a motilidade celular

para o deslocamento da população para um ambiente com melhores recursos, estimular a produção de outros metabólitos, ou ainda estimular a produção de células filhas ou esporos⁴³, mas sempre com foco na sobrevivência da sua espécie e de organismos hospedeiros ou simbiotes.

É a comunicação microbiana que regula e orienta uma população, tornando-a de fato unida em prol de uma causa. Essa comunicação geralmente ocorre quando as populações atingem uma quantidade consideravelmente grande de organismos, pois as moléculas sinalizadoras produzidas para a comunicação, chamadas de autoindutores, muitas vezes só apresentam uma resposta pelo grupo populacional bacteriano quando em grande concentração, ou seja, associado a altas densidades populacionais.

Esses conceitos de comunicação e coletividade incitam muitas discussões para a produção de artefatos, tanto para discutir a maneira como nos comunicamos e a eficiência destes processos, como poderia também melhorar a nossa qualidade de vida para viver em comunidade, promovendo a regulação de ambientes, por exemplo, quando estamos em alta concentração em um mesmo lugar, onde a temperatura de ambientes fechados e a luminosidade poderiam ser reguladas de acordo com a densidade populacional.

Podemos analisar ainda como os estudos da comunicação microbiana poderia interferir em processos de comunicação humana, seja ela visual, verbal, ou química? Ao extrapolar os conceitos da comunicação bacteriana, poderíamos pensar em uma forma de nos comunicarmos com outros organismos e com artefatos de acordo com a densidade populacional em um determinado ambiente? Poderíamos assim regular iluminação, temperatura, som ambiente, dentre outros fatores apenas pela relação de uma quantidade de pessoas em uma sala? Obras de arte e experiências interativas poderiam ser modificadas de acordo com a densidade populacional presente em um determinado museu, loja ou evento?

Enfim, uma série de possibilidades de pesquisas a serem criadas a partir de um olhar para uma comunicação não verbal dependente da densidade populacional dos microrganismos, que para o ser humano perpassa por muitos fatores transversais envolvidos

⁴³ Termo genérico dado a estruturas resistentes de dormência celular, ou seja, espécies de “sementes” de procariotos e fungos que podem sobreviver muito tempo no ambiente em estado de dormência, voltando a germinar e produzir uma célula filha ao encontrar um ambiente favorável para o seu crescimento.

como os conceitos de liberdade e segurança, dois dos principais valores de uma sociedade estudados amplamente por filósofos como Zygmunt Bauman (1925-2017).

Para finalizar esse tópico sobre fisiologia microbiana, um excelente exemplo que aglutina vários itens do que vimos até aqui na investigação do microrganismo é o projeto *Objectivity* de Nurit Bar-Shai que vimos na introdução. Nesta obra apresentada na figura 5, as colônias da bactéria *Paenibacillus vortex* que a artista utiliza apresenta uma característica especial, modificar a macromorfologia da colônia de acordo com o ambiente em que está inserida, no caso específico desta obra, as colônias assumem novas formas de acordo com a modificação da nutrição bacteriana, onde a artista provoca intencional mudanças no meio de cultura.

Investigando fisiologicamente, esse fenômeno ocorre porque a partir da modificação do meio de cultura as bactérias começam a comunicar-se entre si por meio da produção de autoindutores chamados pela artista de “tweets químicos” (tradução nossa), que fazem com ela busque se movimentar coletivamente em busca de uma região onde consiga crescer melhor. Ao modificar a nutrição da bactéria, Bar-Shai induz as bactérias a continuarem se comunicando e movendo-se em busca de uma melhor qualidade de crescimento para a população, integrando assim alguns conceitos da investigação microbiana como morfologia, nutrição e comunicação, e evocar fatores transversais da pesquisa como a busca pela sobrevivência, viver em sociedade, coletividade e comunicação.

2.3.1.3. Fatores transversais da pesquisa

Os fatores transversais da pesquisa dizem respeito a como olhamos para um determinado microrganismo, seja ele como indivíduo ou como ele se estrutura ou vive, ou ainda como estabelece relações com o ambiente a sua volta e o contexto no qual está inserido.

Como vimos no item 2.2 no exemplo dado de um artista que se propõe a estudar o microrganismo *Noctiluca scintillans*, ilustrado nas figuras 11 e 12, podemos observar a propriedade da bioluminescência produzida pelo microrganismo e pensarmos no desdobramento desta pesquisa para, por exemplo, pensar em produzir artefatos que

possibilitam a iluminação natural para as cidades e assim inserir fatores transversais da pesquisa relacionados à cidade e o urbanismo.

Podemos também, assim como no exemplo, pensarmos como o artista que ao investigar essa propriedade do microrganismo e sua reprodução exacerbada, percebeu que esses fatos estão ligados aos altos níveis de nitrogênio e fósforo no mar, o que na verdade é uma consequência da poluição dos solos provocados pela agricultura e o descontrole do crescimento populacional da região autônoma de Hong Kong e assim relacionar outros fatores transversais, sejam da conservação do meio ambiente, da utilização de agrotóxicos nas plantações, da poluição marítima, ou seja, fatores sociais, culturais, demográficos, dentre outros.

Desta maneira, os fatores transversais associados ao MBI podem ser de conteúdo filosófico, psicológico, social, cultural, econômico, histórico, demográfico, afetivo, ético, fisiológico, patológico, dentre outros, cabendo ao olhar da equipe interdisciplinar que está realizando a pesquisa direcionar este contexto.

É o olhar transversal da pesquisa que a humaniza e associa o microrganismo a nossa realidade, podendo atribuir caráter mais funcional ao artefato que será criado, ou jornalístico, investigativo, de denúncia, de compartilhamento de informações, de materialização do invisível.

Assim, como uma pesquisa da relação dos microrganismos, denominada de simbiose, pode provocar um questionamento de como nos relacionamos com o outro e com o mundo? Como a percepção do artefato pode ser alterada pela presença de um microrganismo e como a inspiração pode surgir das relações criadas entre os microrganismos e seu habitat?

Sendo assim, os fatores transversais da pesquisa são essenciais para contextualizar e dar sentido aos artefatos produzidos, e ao atribuir valores intangíveis às pesquisas, estamos em essência caracterizando as pesquisas das áreas de criação, seja na produção de obras de arte, produtos, materiais, dentre outros.

2.3.1.4. Fatores sensoriais da pesquisa

Além dos fatores transversais associados à pesquisa microbioinspirada, o foco em processos criativos e que tornam esse estudo único, apresenta também fatores associados

aos sentidos. Como sensibilizar algum dos cinco sentidos humanos (audição, olfato, visão, tato e paladar) por meio da utilização de microrganismos?

Esses fatores foram elencados devido a uma demanda inerente ao método. Nos estudos de caso investigados e palestras proferidas sobre biodesign e bioarte, as características que geralmente chamam mais a atenção dos profissionais das áreas de criação, geralmente são as características relacionadas à cor, forma e textura destes microrganismos, principalmente quando esses microrganismos são utilizados como materiais no próprio artefato final.

Devido a essa questão e pelo fato do presente método ser voltado para pesquisas interdisciplinares e não somente microbiológica, organizou-se esses elementos como sendo os fatores sensíveis, aqueles que nos sensibilizam os sentidos de diversas formas. Foram também incluídos nestes fatores sensoriais, os fatores ainda mais abstratos como a memória, o desejo, a emoção, a intuição, que geralmente passam despercebidos em estudos microbiológicos.

Entre os fatores que sensibilizam um dos nossos cinco sentidos humanos temos, por exemplo, as cores, texturas, brilho, gostos, cheiros e sons que podem ser criados por determinado microrganismos ou associados a eles.

Então como utilizar esses fatores sensíveis em artefatos utilizando microrganismos? Alguns desses fatores são próprios da fisiologia dos microrganismos, mas quando os destacamos eles passam a apresentar outra relevância para o artefato.

No exemplo dado sobre as actinobactérias no item 2.3.1.2 de investigação do microrganismo, quando falamos do projeto BioStudio criado para testar o tingimento de tecidos de fibras naturais com bactérias, vários fatores sensíveis podem ser observados. O primeiro deles é a cor do pigmento produzido pela actinobactéria, que varia de acordo com a cepa, podendo ser vermelha, amarela, laranja, cinza esverdeado, dentre outras. A forma da colônia também pode ser destacada, onde apesar de ser geralmente circular, por meio da utilização de estêncil durante o seu crescimento, foi possível conferir novas formas figurativas as colônias.

Mais um fator sensível de destaque do projeto BioStudio são as texturas produzidas pelas colônias que quando realizam a produção de esporos, adquirem uma cobertura esbranquiçada, tornando a colônia mais opaca e com aspecto marmorizado.

Dois outros fatores sensíveis que podem ser destacados nas actinobactérias, é a produção do cheiro de chuva, que na verdade se trata da produção por alguns tipos de microrganismos de um composto orgânico denominado geosmina. Esse composto é produzido e liberado por essas bactérias quando o solo se torna úmido, assim provocando em nós a associação de que o cheiro de chuva remete a terra molhada, mas na verdade se trata de uma propriedade de alguns microrganismos de solo.

O cheiro de chuva nos trás ainda a memória olfativa de momentos associados a esse fenômeno, quase sempre nos remetendo a momentos de serenidade, limpeza, calma, transitoriedade, enfim, uma série de outros fatores sensíveis.

É desta maneira, sensível e associada aos sentidos, que destacamos no MBI fatores físicos, emocionais e intangíveis na criação de novos artefatos. Claro, que cada projeto irá vislumbrar dentro de sua pesquisa e de acordo com os microrganismos escolhidos, aqueles fatores sensíveis que podem ser destacados.

2.3.1.5. Problema, artefato e processo

Geralmente uma pesquisa científica começa pela percepção ou proposição de um problema, mas será que os projetos de pesquisa sempre precisam ser iniciados da mesma maneira?

Alguns teóricos propõem que se não existe problema não existe projeto, mas será que desde o primeiro momento de uma pesquisa esse problema é claro para quem está o criando? Será que pensar em propostas não torna o momento inicial de pesquisa mais amplo?

Por esse motivo e pela diversidade de possibilidades de morfologias de projeto, o MBI deixa a critério do pesquisador iniciar a sua investigação por um problema bem delineado, ou deixar para definir a etapa de problema de projeto em algum outro ponto do Momentum Cell. Se ainda assim o problema não for definido com clareza, ele terá que ser

especificado no Momentum Cell, para que a pesquisa possa prossiga para o Momentum Morf.

Ao invés de pensar em um problema pra iniciar a pesquisa, o pesquisador pode já ter em mente um artefato que deseja desenvolver, mas não saber ao certo se pode utilizar algum microrganismo no artefato final ou o utilizar nos processos de produção do artefato, e assim começar o MBI pela escolha do artefato que deseja criar ou recriar e após esta etapa passar para a fase de seleção do microrganismo.

O pesquisador pode ainda ter inicialmente ou durante a pesquisa o desejo de recriar um processo de fabricação de maneira diferenciada, como a adotado pela empresa Pili, onde o grupo interdisciplinar decidiu por recriar o processo de produção de corantes, escolhendo ao invés da produção de corantes sintéticos da indústria química, produzir corantes naturais por meio de “biofábricas” que nada mais são do que fermentadores que utilizam como sintetizadores de corantes as próprias bactérias e enzimas biossintetizadas.

Ainda nesse tópico podemos pensar também em ideias, inspirações, lugares, que mobilizem o início do processo das pesquisas microbioinspiradas, como por exemplo, a investigação de outras formas de comunicação como a bacteriana, que não é um problema de fato e sim um ponto de partida, ou o estudo da história dos livros a partir da poeira que se deposita neles em bibliotecas públicas, é uma ideia, mas não necessariamente um problema já formatado.

2.3.2 Momentum Cell

O Momentum Cell é uma etapa do MBI que acontece geralmente na passagem do Momentum Rep para o Momentum Morf e vice versa. Esta etapa é necessária para que aconteça uma seleção e conexão entre os vários resultados das pesquisas realizadas em um momentum, tornando o projeto estruturado e com foco, definindo com precisão o problema de pesquisa e os objetivos.

Como o Momentum Rep é um ciclo de muitas descobertas e investigações, muitas vezes se coletam mais dados do que os necessários para se desenvolver um artefato. Assim, o Momentum Cell se caracteriza como sendo um ciclo de organização e foco em um

determinado problema e um determinado objetivo, atribuindo uma forma ao projeto que passa assim para o Momentum Morf, onde o projeto já se encontra estruturado para ser executado.

A interligação dos fios de ideias encontrados no Momentum Rep, que apresenta caráter mais investigativo, formam tramas que se desenrolam no Momentum Morf, que apresenta caráter mais exequível, com uma forma definida e com o objetivo de materializar o artefato.

O nome Cell foi criado justamente pensando em uma organização celular, onde cada parte da célula tem uma função determinada para que o todo funcione como uma unidade viva. A unidade celular é determinada pela formação da membrana citoplasmática, pensemos assim que há a formação de uma membrana que envolve e interliga algumas das ideias pesquisadas no Momentum Rep e que conjuntamente fazem sentido e apresentam características similares para a criação de um artefato.

Apesar de o Momentum Cell promover uma formação de uma célula de pesquisa que aparentemente é mais restrita, ela ainda se encontra permeável a novas ideias externas e eliminação de fatores internos que não sejam mais necessários na execução do trabalho, reafirmando assim a característica viva do MBI, da mesma maneira que uma célula envia para o meio externo aquilo que não lhe serve mais ou é excedente e retira do meio externo aquilo que lhe é útil para a manutenção de suas funções vitais.

Além disso, um único mementum rep, pode ter tantas variáveis que pode produzir após o Momentum Cell, e a organização das ideias, vários momentums morf, ou seja uma única pesquisa interdisciplinar com dado microrganismo pode após uma organização da pesquisa (momentum cell) dar origem a vários problemas de pesquisa com diferentes objetivos, criando assim vários artefatos que serão produzidos ao longo de múltiplos Momentums Morf. Cabe ao pesquisador decidir por desenvolver todos esses artefatos ou deixar alguns para as perspectivas do trabalho, quando algum dos artefatos for criado, um objetivo geral for cumprido e a pesquisa chegar a um aparente fim, mesmo que momentâneo.

É também no Momentum Cell que fazemos uma avaliação do percurso do método empregado até esta fase da pesquisa podendo ser retraçadas as próximas etapas do MBI

que acontecerão no Momentum Morf. Como a proposta do MBI é ser um método dinâmico, é neste ciclo que as etapas selecionadas são avaliadas.

Caso um grupo de estudos interdisciplinar não tenha sido criado até esta etapa da pesquisa, é aqui que essa necessidade apresenta maior intensidade, cabendo ao pesquisador montar uma equipe de trabalho para executar os problemas que agora foram traçados com precisão. É a partir de seus objetivos e tipos de técnicas, ferramentas e experimentos que pretende realizar na pesquisa durante o Momentum Morf, que muitas vezes é decidida a constituição destes grupos interdisciplinares, podendo contar com artistas, programadores, químicos, físicos, biólogos (geneticistas, microbiologistas, biólogos moleculares, ecologistas...), engenheiros, designers, dentre outros.

Desta maneira, o momentum cell fica então caracterizado como sendo um momentum de pausa e reflexão, análise das pesquisas realizadas até esta etapa, traçado de objetivos e problemas precisos do artefato que se pretende criar, além da reorganização das etapas que virão a seguir no Momentum Morf e planejamento, incluindo de preferência cronogramas e orçamentos para a execução dos artefatos.

Para ilustrar o Momentum Cell utilizamos o formato circular com cor cinza para remeter a um formato de uma célula. O contorno encontra-se tracejado para lembrar que a pesquisa apresenta uma forma, mas que ainda assim é permeável a entrada e saída de outras ideias. Dentro deste círculo encontram-se possíveis etapas a serem estabelecidas nesse momentum de acordo com as demandas do projeto, mas com a finalidade principal de traçar o problema e o objetivo da pesquisa para a produção do artefato (figura 33).

2.3.3 Momentum Morf

O Momentum Morf é outro ciclo do MBI que tem como propósito viabilizar, analisar e discutir a trama definida durante o momentum cell, onde a pesquisa é estruturada. Desta maneira, o objetivo principal do Momentum Morf é produzir o artefato determinado no momentum Cell.

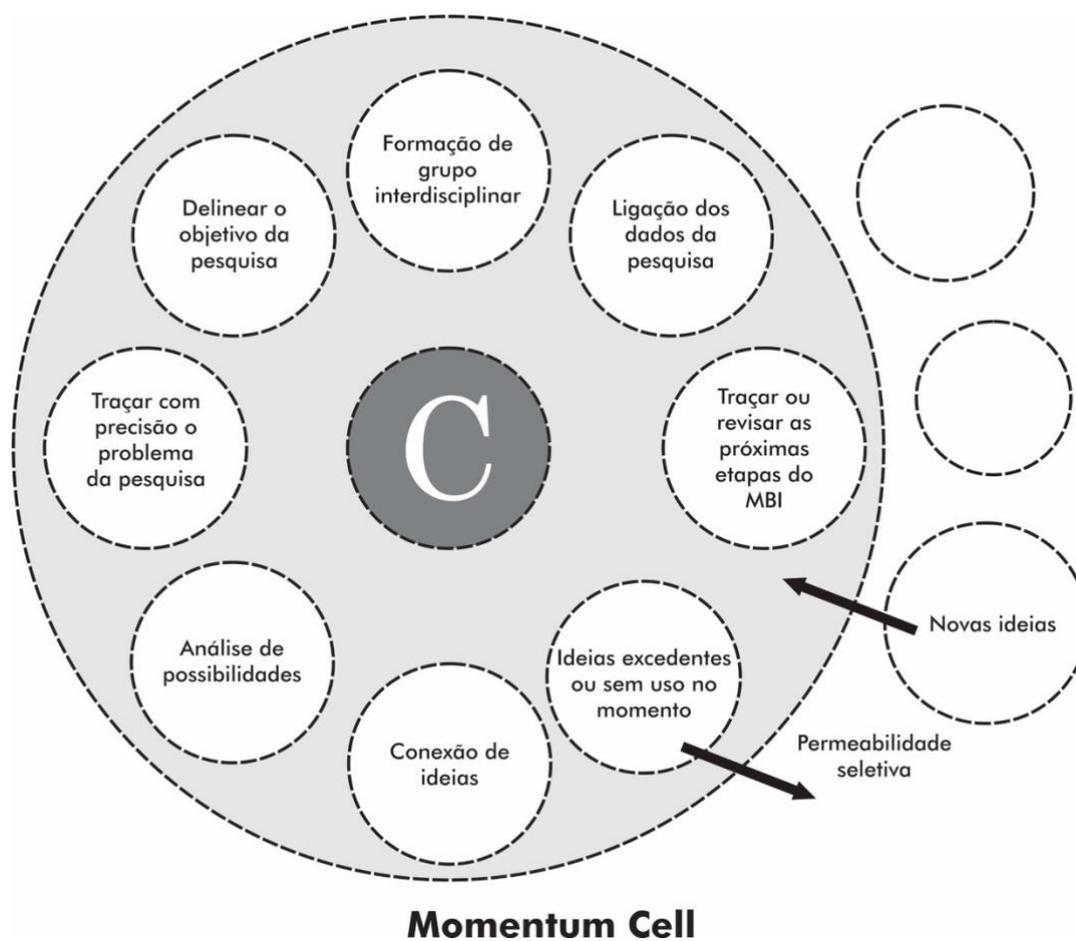


Figura 33. O Momentum Cell representado por um círculo tracejado cinza e o conjunto de ações associados a ele, apresentando permeabilidade seletiva, podendo incorporar ou eliminar ideias.

Claro que, viabilizar algo envolve uma série de etapas, principalmente o contorno de problemas encontrados durante a produção de protótipos e realização dos experimentos, além da análise dos resultados, discussão da pesquisa e traçado de suas perspectivas.

Pode acontecer de uma pesquisa começar por esse ciclo do MBI, se a mesma for iniciada a partir de um problema ou de resultados encontrados em outra pesquisa, no entanto, geralmente o Momentum Morf faz parte de um ciclo posterior a um primeiro ciclo de pesquisa caracterizado como Momentum Rep.

O nome Morf foi utilizado para caracterizar a palavra morfológico, onde a pesquisa já apresenta uma forma definida, uma estrutura, que aconteceu no Momentum Cell. Agora cabe a este Momentum planejar, testar, executar, discutir, enfim, materializar o artefato proposto no momentum Cell.

O Momentum Morf pode ser então dividido em cinco etapas listadas abaixo com algumas questões que contextualizam as suas funções:

- 1- Técnicas, ferramentas e experimentos. Quais as ferramentas serão utilizadas para criar o artefato? Quais experimentos precisam ser realizados para testar a viabilidade do artefato? Quais técnicas e de quais áreas serão usados para desenvolver a proposta do artefato?
- 2- Resultados e análises. Partindo dos resultados obtidos na experimentação, o que eles nos informam? Eles são suficientes ou precisam de outros experimentos? Como relacionar esses resultados? É possível comparar os resultados obtidos a outros resultados encontrados na literatura?
- 3- Problemas. Quais os problemas de pesquisa que precisam ser superados? É possível decompor os problemas em variáveis para entendê-lo melhor? Como o problema impacta na geração do artefato?
- 4- Discussão. Partindo do artefato pronto, ele atende a proposta criada no momentum cell? Como ele pode ser melhorado? Qual o impacto que o artefato pode provocar na ciência e na sociedade?
- 5- Perspectiva. Quais outros caminhos que ficaram em aberto podem servir de princípio para novas pesquisas? O que ainda ficou em aberto no trabalho? O que ainda poderia ser melhorado?

Estas etapas são mais comuns em métodos científicos e serão descritas nos próximos itens deste capítulo e podem ser visualizadas na figura 34. Foi adotado para o Momentum Rep uma cartela de cores quentes variando entre tons de amarelo, laranja e vermelho e as etapas representadas em formas hexagonais modulares, onde as etapas podem ser escolhidas, repetidas e a montagem da morfologia e sequenciamento de etapas proporcionar uma liberdade para o pesquisador que pode adotar etapas simultâneas, ou encadeadas, de acordo com as demandas da pesquisa.

Vale lembrar também que um momentum Cell, pode dar origem a vários Momentums Morf, ou seja, durante o Momentum Cell pode se decidir por produzir diversos artefatos, o que levará a criação de diversos Momentums Morf para executar os artefatos.

2.3.3.1 Técnicas, ferramentas e experimentos

Esses três termos que parecem semelhantes, na verdade apresentam um significado específico, onde o experimento pode englobar os dois outros termos, indicando uma experiência em geral, mas com teor controlado ou dirigido, e que é necessário ter um registro tanto dos processos de preparação, execução e dos resultados obtidos.

Já a técnica, compreendemos como um conjunto de regras aptas a dirigir eficazmente uma atividade qualquer, provida de certa eficácia e certa previsão. Ou seja, a técnica envolve regras muito mais específicas e geralmente são segmentadas por áreas, podendo assim ser mais bem utilizada por uma equipe interdisciplinar. Veremos no item 2.4 onde pesquisar algumas técnicas e ferramentas que podem ser utilizadas para a realização de experimentos microbiológicos. Por último, as ferramentas são mecanismos específicos ou não de cada área, podendo ser física ou abstrata, utilizada pelos pesquisadores para realizar uma tarefa.

Tanto os experimentos, quanto as técnicas e as ferramentas são específicas de cada pesquisa e seria impossível aqui tratar de cada uma delas. No caso de uma pesquisa que envolva design e microrganismos, existirão ferramentas específicas tanto do design quanto da microbiologia que podem ser utilizadas para a criação do artefato, assim como de sua validação, cabendo ao grupo interdisciplinar decidir por quais optarem para materializar o artefato.

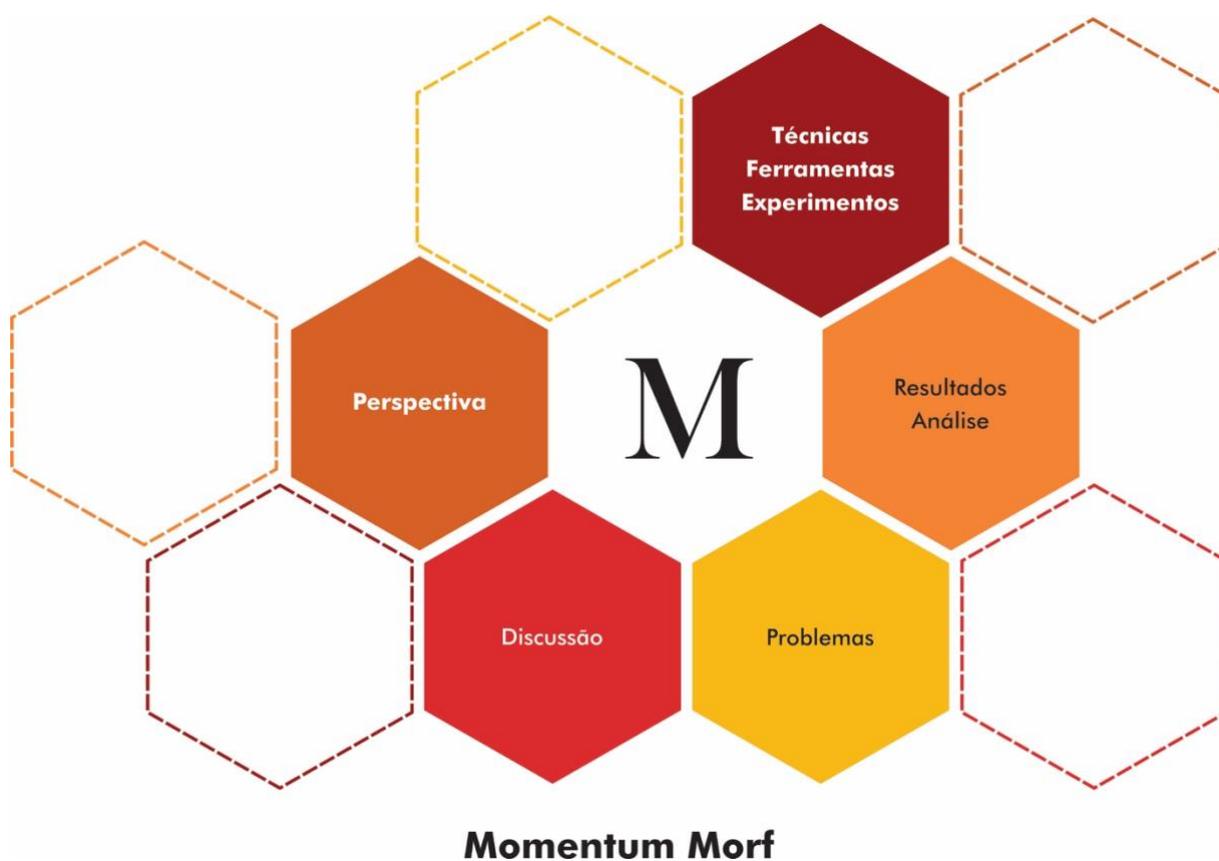


Figura 34. As cinco etapas do Momentum Morf representadas por cores quentes (tons de vermelho e amarelo).

Em relação às ferramentas e técnicas da microbiologia veremos no item 2.4 onde podemos pesquisar algumas bibliografias que possam facilitar a execução das mesmas em relação, por exemplo, ao crescimento microbiano, extrações de produtos do metabolismo, microscopia, colorações, análise genética, transformações genéticas, dentre outras.

Outras ferramentas do design como geração de alternativas, *brainstorming*, análise de concorrentes, criação de painéis de referência, teste de protótipos, podem ser utilizadas ou na arte como a geração de artefatos, analogias, observações do interator, estudo das interações, cartografias, coleções, atlas, representações, performances, livros de artista e etc.

2.3.3.2 Resultados e análise

Após a realização dos experimentos, ferramentas e técnicas, precisamos entender os resultados obtidos e trata-los, sejam eles dados quantitativos ou qualitativos. Na perspectiva de projetos microbioinspirados, como considerar os resultados encontrados e os analisar? Isso dependerá dos objetivos traçados no momentum Cell que serão utilizados como parâmetro.

É interessante também nesse momento comparar resultados com outros presentes na literatura que também servirão para validar os experimentos e ponderar se o artefato necessita ou não de algum processo de melhoramento, simplificação, especificação, parametrização, dentre outros.

Uma vez que os objetivos foram atingidos integralmente cabe ao pesquisador verificar se o artefato poderá ser exposto, vendido, produzido comercialmente a depender também dos seus objetivos e de sua proposta, além também de requisitos legais e éticos que devem ser analisados.

2.3.3.3 Problemas

Quando trabalhamos com sistemas vivos é muito comum termos uma série de problemas ao longo dos experimentos, e como lidar com os problemas vai depender em muito do tempo disponível para a realização dos experimentos e do orçamento da pesquisa.

Problemas comuns na interdisciplinaridade com a microbiologia são:

- não conseguir crescer corretamente o microrganismos;
- não ter os equipamentos adequados para a realização dos experimentos;
- não ter acesso a insumos necessários para a produção dos microrganismos;
- não obter resultados positivos em experimentos aparentemente simples;
- se surpreender com experimentos que pareciam ter um resultado previsível;
- não conseguir laboratórios, universidades ou empresas parceiras para a realização dos experimentos.

Comumente, o primeiro pensamento que surge quando algum desses problemas acontece, é modificar o objetivo da pesquisa e assim retornar ao Momentum Cell, mas com calma e pesquisa, muitos desses problemas podem ser contornados, seja utilizando ferramentas alternativas, equipamentos similares, restringir o número de variáveis, procurar meios de cultura alternativos mesmo que se tenha um menor crescimento do microrganismo, procurar experimentos alternativos mesmo que eles não atendam completamente os objetivos da pesquisa.

Outro fator importante para pesquisas interdisciplinares com a microbiologia é compreender o que significa um problema na perspectiva de projetos microbioinspirados. O problema pode ser um resultado? Lembre-se que muitas vezes os experimentos envolvendo pesquisas microbioinspiradas são por vezes inéditos e um resultado negativo também tem a sua contribuição para o desenvolvimento acadêmico.

Assim, os problemas podem ser geridos de diversas maneiras, seja alterando se necessário o Momentum Morf, incluindo novos experimentos e técnicas ou os repetindo, retornando ao Momentum Cell e adequando objetivos, ou mesmo retornando ao Momentum Rep e selecionando outros microrganismos, investigando outras propriedades dos mesmos e etc.

Vale ressaltar também que os problemas já podem ser previstos no Momentum Cell, incluindo nesse ciclo a análise de riscos e previsão de problemas, para que assim a pesquisa possa ser menos afetada futuramente e os problemas contornados de maneira mais eficiente.

2.3.3.4 Discussão

A discussão é um momento de reflexão sobre os resultados encontrados ao final de um processo que tenha chegado à conclusão de um artefato, ou a certa estabilidade dos dados encontrados. Aqui é de extrema importância que se tenha um olhar holístico do processo de pesquisa, conectando os momentos e os avaliando.

É de suma importância também avaliar o próprio método MBI, entendendo sua morfologia, como ela se modificou ao longo da pesquisa e execução, compreendendo os pontos de mudança e de estabilidade para uma melhor gestão do método em outras pesquisas.

Aqui discutimos os resultados, os problemas encontrados na pesquisa, na preparação dos experimentos, nas pesquisas iniciais do momentum Rep, na gestão do grupo interdisciplinar e quaisquer outros obstáculos ao longo do processo.

Formatamos nesse espaço, de certa maneira a que conclusões chegamos a partir da discussão de todo esse material e como a pesquisa contribui e tem importância para o pesquisador, o grupo de pesquisa, a comunidade acadêmica e principalmente a sociedade, de maneira geral.

Para finalizar, é essencial que este momento seja marcado pelo olhar interdisciplinar, ampliando o sentido da pesquisa e promovendo uma estruturação e fortalecimento desta perspectiva de trabalho.

2.3.3.5 Perspectiva

O conhecimento deixado por uma pesquisa não pode ser perdido e deve ser publicado e compartilhado, mas apesar da vontade de um pesquisador, muitas vezes ele se encontra impossibilitado de dar continuidade à pesquisa encerrada em um determinado momento.

Por isso, é de suma importância que o pesquisador ou grupo de pesquisa deixe também registrado quais seriam outros caminhos que poderiam ter sido adotados na pesquisa? O que poderia ser melhorado? Quais outros artefatos poderiam ser produzidos?

Quais fatores sensíveis ou transversais ficaram descobertos pela pesquisa e que podem ser aprofundados? Ou seja, como dar continuidade a uma pesquisa, quais suas perspectivas futuras e a partir dela iniciarmos novamente o MBI.

Apesar de encerrado um ciclo de pesquisa, quase todos os artefatos criados deixam um rastro para novos e potentes trabalhos, iniciando assim novos ciclos de conhecimento, como os ciclos de nutriente e da vida que vimos até aqui. A decomposição de pesquisas e assim a liberação de dados, pode proporcionar a formatação de outras pesquisas microbioinspiradas.

2.4 Fontes de Pesquisa

Uma das maiores dificuldades encontradas para a realização de projetos interdisciplinares com a microbiologia é a falta de especialização na área da maioria dos profissionais ligados a criatividade e quando necessário, a maioria recorre à vasta bibliografia tanto em livros quanto em artigos de microbiologia. No entanto, nem sempre essa pesquisa é tranquila e objetiva, por isso este item tem como objetivo auxiliar na busca por fontes de pesquisa para um melhor entendimento do universo microbiológico.

A primeira coisa, a saber, antes de iniciar qualquer projeto que envolva práticas utilizando microrganismos vivos, é que essas práticas são regidas por regras de biossegurança.

A biossegurança é uma área relativamente recente e que teve critérios estabelecidos na década de 90 pelo Ministério da Saúde justamente para adotar critérios e ações que diminuam os riscos que podem comprometer a sua saúde e segurança, o das pessoas envolvidas no projeto, a de outros organismos e a preservação do meio ambiente. Isso porque quando trabalhamos com microrganismos podemos estar expostos a riscos biológicos e de produtos químicos.

No caso específico da utilização de microrganismos, existem leis e diretrizes que regulam a utilização dos mesmos de acordo com o nível de biossegurança exigido para práticas de pesquisa. Esses critérios estão divididos em quatro níveis, sendo o nível 1 a utilização de agentes que não são conhecidos por causarem doenças e o nível 4 de agentes

exóticos ou perigosos, que impõem um alto risco de doença e ameaça a vida. Um resumo dos níveis de biossegurança recomendados pode ser visto na tabela 1, editada pelo Ministério da saúde.

E como saber em qual nível de biossegurança está o microrganismo com o qual você quer trabalhar? Basta para isso acessar gratuitamente o livro “Biossegurança em laboratórios biomédicos e de microbiologia” editado pelo Ministério da Saúde e que está disponível no próprio site do ministério <http://www.saude.gov.br/>, mas que também está disponível em sites de departamentos de microbiologia de algumas universidades federais do país e de órgãos como a Fundação Oswaldo Cruz (<https://portal.fiocruz.br/>).

Neste livro do Ministério da Saúde está catalogada uma grande quantidade de agentes infecciosos e listadas as suas respectivas determinações de medidas em relação à biossegurança para que você possa utilizá-los em práticas laboratoriais, tanto em relação aos equipamentos de segurança, quanto das instalações.

Após essa introdução essencial sobre biossegurança, passamos então a elencar as fontes de pesquisa que podemos consultar para encontrar informações disponíveis sobre um determinado microrganismo.

A maioria dos livros que tratam o assunto microbiologia dificilmente terão dados aprofundados sobre os mesmos, tratando-os de forma generalista, por isso, uma fonte melhor de pesquisa são os atlas de microbiologia. Os atlas geralmente são divididos por áreas de atuação: atlas de microbiologia médica, microbiologia veterinária, microbiologia de alimentos e da água, microbiologia oral, dentre outros. Existem ainda os atlas fotográficos de laboratório de microbiologia como o de Leboffe & Pierce (2011), que ajudam a interpretar resultado de experimentos.

Nesses atlas microbiológicos você encontrará informações mais precisas sobre certos microrganismos. Além disso, um livro especializado em bactérias com a descrição da maioria dos gêneros encontrados na atualidade é o “*Bergey’s Manual of Systematic Bacteriology*” (2010), uma verdadeira enciclopédia das bactérias dividida em quatro volumes.

Tabela 1. Resumo dos níveis de biossegurança recomendados para agentes infecciosos pelo Ministério da Saúde, 2004.

NB	AGENTES	PRÁTICAS	EQUIPAMENTOS DE SEGURANÇA (Barreiras Primárias)	INSTALAÇÕES (Barreiras Secundárias)
1	Que não são conhecidos por causarem doenças em adultos saudáveis.	Práticas padrão de microbiologia.	Não são necessários.	Bancadas abertas com pias próximas.
2	Associados com doenças humanas, risco = lesão percutânea, ingestão, exposição da membrana mucosa.	Prática de NB-1 mais: <ul style="list-style-type: none"> · acesso limitado; · avisos de risco biológico; · precauções com objetos perfurocortantes; · manual de biossegurança que defina qualquer descontaminação de dejetos ou normas de vigilância médica. 	Barreiras primárias = cabines de classe I ou II ou outros dispositivos de contenção física usados para todas as manipulações de agentes que provoquem aerossóis ou vazamento de materiais infecciosos; procedimentos especiais como o uso de aventais, luvas e proteção para o rosto, quando necessário.	NB-1 mais: autoclave disponível.
3	Agentes exóticos com potencial para transmissão via aerossol; a doença pode trazer consequências sérias ou até fatais.	Práticas de NB-2 mais: <ul style="list-style-type: none"> · acesso controlado; · descontaminação de todo o lixo; · descontaminação da roupa usada no laboratório antes de ser lavada; · amostra sorológica. 	Barreiras primárias = cabines de classe I ou II ou outros dispositivos de contenção usados para todas as manipulações abertas de agentes; uso de aventais, luvas e proteção respiratória, quando necessário.	NB-2 mais: <ul style="list-style-type: none"> · separação física dos corredores de acesso; · portas de acesso duplas com fechamento automático; · ar de exaustão não recirculante; · fluxo de ar negativo dentro do laboratório.
4	Agentes exóticos ou perigosos que impõem um alto risco de doenças que ameaçam a vida, infecções laboratoriais transmitidas via aerossol ou relacionadas a agentes com risco desconhecido de transmissão.	NB-3 mais: <ul style="list-style-type: none"> · mudança de roupa antes de entrar; · banho de ducha na saída; · todo o material descontaminado na saída das instalações. 	Barreiras primárias = todos os procedimentos conduzidos em cabines de classe III ou classe I ou II juntamente com macacão de pressão positiva com suprimento de ar.	NB-3 mais: <ul style="list-style-type: none"> · edifício separado ou área isolada; · sistemas de abastecimento e escape a vácuo e de descontaminação; · outros requisitos sublinhados no texto.

Outra fonte de informações a respeito dos microrganismos é o *National Center for Biotechnology Information* (NCBI), onde se pode encontrar sequências genéticas, dados sobre proteínas e uma área voltada para taxonomia, na qual podem ser investigados muitos microrganismos, sejam eles bactérias, arqueias, algas, protozoários, fungos ou vírus. Ao encontrar o microrganismo de interesse, pode-se ter acesso a várias informações, como quem foi que registrou o microrganismo, alguns dados a seu respeito e links de artigos relacionados ao mesmo. O site do NCBI pode ser acessado pelo link <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>.

Já quando a tarefa é encontrar onde está localizado e armazenado um microrganismo e como conseguir o mesmo, muitos podem ser os métodos utilizados, mas geralmente o microrganismo poderá comprado em um banco de microrganismos, adquiridos em forma de permuta ou parceria com bancos de microrganismos ou universidades, ou mesmo se pode ainda tentar o coletar.

Caso o caminho escolhido seja encontrar um banco onde possa estar armazenado um determinado microrganismo, o *World Data Center for Microorganisms* (WDCM), apresenta o registro de mais de 700 coleções de microrganismos ao redor do mundo, onde estão armazenadas mais de três milhões de espécies. Acessando o site do *Culture Collections Information Worldwide* (<http://www.wfcc.info/ccinfo/home/>) consegue-se acessar as coleções de microrganismos e seus respectivos links para pesquisa aprofundada e possível obtenção do seu microrganismo.

Algumas dessas coleções de cultura são como a CBS-KNAW (<http://www.westerdijkinstituut.nl>) que apresenta mais de 100.000 cepas de fungos e bactérias armazenadas.

No Brasil, uma instituição que conta com amplo banco de microrganismos é a Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), tendo como missão adquirir, preservar, identificar, catalogar microrganismos para dar suporte a pesquisas científicas e desenvolvimento e produção de bioprodutos, contando com amplo acervo de bactérias, fungos e protozoários, em sua grande maioria de origem brasileira. O acervo pode ser encontrado no site da instituição <https://portal.fiocruz.br/colecoes-microbiologicas>.

Uma coleção de microrganismos que me atendeu no desenvolvimento do projeto BioStudio e que firmou algumas parcerias foi a Coleção de Microrganismos UPFEDA (Universidade Federal de Pernambuco – Departamento de Antibióticos), que conta com um acervo especializado em bactérias, predominantemente actinobactérias e outras eubactérias de interesse científico e tecnológico em diversas áreas. Os serviços e solicitações podem ser realizados no site da coleção https://www.ufpe.br/colecao_ufpeda.

Outra fonte de pesquisa muito útil para realizar os experimentos com microrganismos são os manuais laboratoriais, ou livros de métodos microbiológicos, como o *“Benson’s microbiological application”* de Brown & Smith (2017), o *“Diagnóstico Microbiológico”* de Konemam (2008), ou mesmo os específicos como o *“Microbial examination methods of food and water”* de Silva, Tniwaki e Junqueira et al. (2018).

Esses manuais descrevem os experimentos e auxiliam na interpretação de dados e na preparação de materiais para realizá-los. Esses manuais muitas vezes são editados pelas próprias editoras das universidades para serem usados como guias de aulas práticas de microbiologia, como o livro *“Microbiologia: manual de aulas práticas”* de Filho e Oliveira (2007), editado pela Universidade Federal de Santa Catarina.

3 PRÁTICA DO MBI E PESQUISAS MICROBIOINSPIRADAS

Após entender cada etapa do MBI, este capítulo tem por finalidade mostrar alguns exemplos de aplicação do método que foram executados em grupos focais em *workshops*, congressos e palestras, como um processo de experimentação do MBI.

Além disso, apresenta estudos de caso de projetos microbioinspiradores selecionados de diversas áreas e que foram analisados sob a ótica do MBI, sobre como eles poderiam ter sido criados e executados a partir da perspectiva do MBI ou quais etapas que estão presentes no MBI podem ser destacados nestas pesquisas.

3.1 Grupo focal MBI

O Método Microbioinspirado também foi criado baseado em um longo trabalho de pesquisa que inclui a experiência docente em sala de aula, seja em instituições de ensino superior, como também em congressos, palestras e *workshops*. Essas experiências contribuíram muito para a criação do método que foi sendo aos poucos estruturado e testado.

Quando formatado na estrutura apresentada nesta tese, foram realizados dois grupos focais em duas instituições diferentes sendo um realizado em um *workshop* em um congresso de design em Joinville/SC e outro em um grupo mais heterogêneo em um minicurso de biofashion em São Paulo/SP. Essas duas experiências serão relatadas a seguir com a apresentação dos resultados obtidos e sua respectiva discussão.

A primeira prática do MBI foi realizada como *workshop* durante o 13º Congresso Brasileiro Pesquisa & Desenvolvimento em Design (13º P&D) sediado na Univille, em Joinville no dia 06/11/2018 das 14:00 às 18:00.

O *workshop* com o nome “Microbioinspiração (MBI): método de criação utilizando microrganismos” apresentava a seguinte descrição: este workshop apresenta e demonstra a aplicação do Método Microbioinspirado (MBI), um método com foco em processos criativos e na fase analítica da pesquisa que utiliza como fonte principal de inspiração os microrganismos. Sua base é fundamentada em projetos interdisciplinares que buscam diluir

as fronteiras entre áreas e inovar pela expansão da criatividade por meio de técnicas como o *brainstorming*, analogias e raciocínio abdutivo.

Em tal ocasião participaram 10 pessoas, todos designers ou estudantes de design, incluindo professores universitários, doutorandos, mestrandos e graduandos da área.

Durante o *workshop* foi realizada uma apresentação prévia sobre projetos microbiopiradores e feita à explicação sobre a operacionalização do MBI com os infográficos presentes nos anexos desta tese. Os participantes foram então divididos em dois grupos de trabalho, e foi solicitado que os grupos a partir de alguns microrganismos apresentados (*Vibrio fischeri*, actinobactéria e *Clostridium thermocellum*) escolhessem um microrganismo e desenvolvessem uma proposta de trabalho. Além disso, foi solicitado aos grupos que estruturassem o MBI de acordo com o que acreditavam que seriam seu percurso metodológico, formando uma primeira morfologia para a sua aplicação do MBI.

Os microrganismos foram apresentados conforme a ficha de microrganismos apresentados na figura 35 que contém o exemplo da bactéria *Vibrio fischeri*, uma vez que seria de certa forma inviável que os participantes pudessem pesquisar sobre os mesmos durante a prática devido à falta de computadores com internet na sala, e o tempo restrito do *workshop*.

O grupo 1 dos participantes decidiu por focar na bactéria *Vibrio fischeri* porque o que lhes chamou mais a atenção foi um fator sensível da pesquisa, a cor e brilho da bactéria. A partir desse primeiro fator, os alunos selecionaram a bactéria e partiram para a elucidação de qual problema gostariam de resolver a partir do princípio que o microrganismo produzia uma proteína bioluminescente. As propostas apresentadas foram: solucionar o problema de iluminação pública em uma cidade, em uma zona rural ou em residências, ou se a propriedade da produção de luz poderia auxiliar no desenvolvimento de algum produto ou mesmo em uma iluminação especial que auxiliasse resolver problemas de acessibilidade.

Resolveram então investigar melhor o microrganismo e entender quais fatores transversais permeavam cada um dos problemas apresentados. No momentum cell decidiram então continuar com a proposta da produção de artefatos, mais especificamente objetos de uso pessoal que agregassem a esses produtos a propriedade bioluminescente das bactérias.

A1

*Vibrio fischeri***RESUMO**

A *Vibrio fischeri* é uma bactéria luminescente que vive tanto em estado planctônico (vida livre) ou como uma simbiote no órgão produtor de luz de certas lulas e peixes.

Quando em vida livre, a *Vibrio fischeri* é encontrada geralmente em baixa concentração e por isso não emite luz. Entretanto, quando em algum de seus hospedeiros (peixes ou lulas), elas colonizam órgãos luminosos específicos, que possibilita que elas se reproduzam, tenham populações de alta densidade que as levam a se comunicarem entre si via *quorum sensing* e assim produzir a enzima luciferase, usada na via química da bioluminescência.

CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS

Morfologia: vibrião Gram-negativo com tamanho de aproximadamente 3 µm.

Genoma: lux operon.

Metabolismo: produção de luciferase.

Crescimento: rápido.

Comunicação: quorum sensing para produção de bioluminescência.

Motilidade: flagelo.

Ecosistema: vida livre em ambiente marinho ou simbiote de alguns peixes e lulas. Está presente em vários lugares do mundo.

Ecologia: simbiote. Quando interno ao animal, fixa-se em órgão emissor de luz, um espaço diferenciado para receber a bactéria.

Patogenicidade: não é patogênico.

Outras informações biológicas relevantes: alimenta-se de matéria orgânica. Apresenta um sistema de defesa para eliminar bactérias competitivas quando em simbiose com animais.

CARACTERÍSTICAS SENSÍVEIS

Cor: azul ciano.

Brilho: produz luz neon.

Textura: lisa brilhante.

Forma: colônias pequenas e circulares.

IMAGENS*Vibrio fischeri*

(bioluminescent bacteria symbiotic with Bobtail Squid)

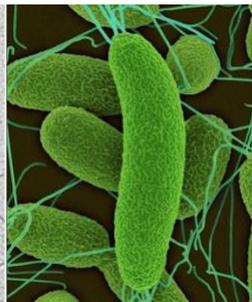
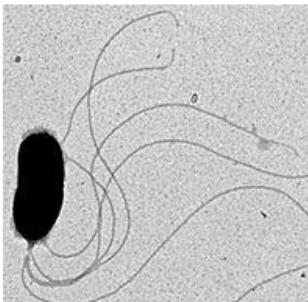
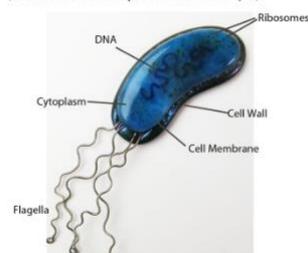


Figura 35. Um exemplo da ficha de microrganismo criada para a bactéria *Vibrio fischeri*, contendo um resumo sobre o microrganismo, algumas de suas características biológicas, sensoriais e imagens.

Seriam então criados coletes salva-vidas, roupas de mergulho e faixas refletivas que tivessem em sua composição a própria bactéria *Vibrio fischeri*, atribuindo a estes produtos a bioluminescência.

No momentum morf seriam realizados experimentos, os resultados dos protótipos analisados, os problemas e a gestão dos artefatos resolvidos e passariam para a fase de discussão e viabilidade do produto e por último as perspectivas do projeto.

O interessante dessa proposta e da morfologia escolhida foi justamente a necessidade de fechamento do problema no momentum rep para dar continuidade a pesquisa. Além disso, podemos ver a inserção e preocupação do grupo com a viabilidade de produção dos artefatos e a quase linearidade do momentum morf (figura 36).

Já o grupo 2 passou muito tempo pensando em possibilidades de aplicação e que tipo de artefato cada um dos microrganismos apresentados poderiam gerar. Com a actinobactéria, uma bactéria que produz geosmina, que é o conhecido cheiro de chuva, pensaram em utilizá-lo como aromatizador para estimular o sono, seja em produtos ou mesmo em cosméticos. Já sobre a *Clostridium thermocellum*, que é uma bactéria capaz de quebrar as longas cadeias de celulose, pensaram em utilizá-la na degradação de lixo orgânico, ou em banheiros para degradar o papel higiênico descartado, ou mesmo usá-las para reciclar resíduos oriundos da cultura da banana. Já a *Vibrio fischeri* pensaram em aplicar em produtos cosméticos como os esmaltes para unha, de maneira a torna-lo bioluminescente.

Decidiram então pela actinobactéria e sua propriedade de gerar o cheiro de chuva, prosseguindo no MBI com a investigação do microrganismo, de fatores sensíveis associados a ela, principalmente o cheiro e como ele afeta as pessoas, pensando nos fatores transversais da pesquisa como as questões psicológicas, sociais e econômicos. Após elucidar e definir precisamente as questões dos objetivos do projeto no momentum cell, decidiram utilizar a actinobactéria de fato como um aromatizador, prosseguindo para o momentum morf onde colocaram sequencialmente os experimentos, os resultados, a discussão e finalização da pesquisa (figura 36).

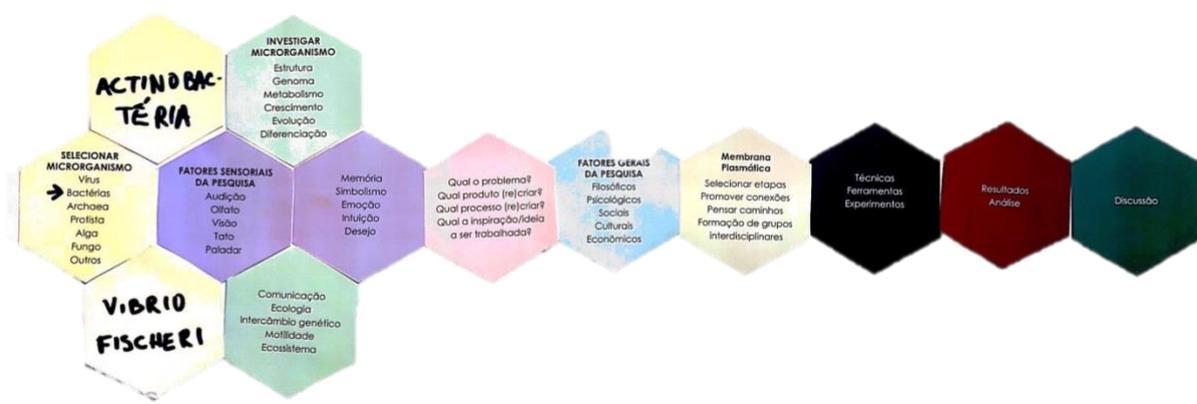


Figura 36. Sequencia de etapas selecionadas pelos grupos 1 (em cima) e grupo 2 (embaixo), formando suas respectivas morfologias de planejamento do MBI, em estudo realizado com dois grupos durante o 13º Congresso Brasileiro Pesquisa & Desenvolvimento em Design, realizado dia 06/11/2018 em Joinville.

Sobre o grupo 2 é importante destacar a questão da indecisão em relação a escolha do microrganismo, assim como a necessidade de identificar possíveis aplicações dos microrganismos em produtos para conseguir decidir com qual trabalhar, investigar e proceder no MBI.

Além disso, o grupo 2 apresentou em um primeiro momento uma simultaneidade de etapas no momentum rep principalmente trazida pela indecisão da escolha do microrganismo, mas que se tornou linear, tradicional e mais restrito no momentum morf.

Dessa maneira, essa primeira fase de teste do MBI com grupo focal auxiliou a ajustar alguns fatores em relação ao método, principalmente a sua forma de construção realizada com fichas de papel, passando a apresentar então uma diferença de cor mais marcante, onde o momentum rep apresenta cores frias, o momentum morf cores quentes e o momentum cell com formato circular e cinza para marcar ainda mais essa etapa. Além disso, em um aspecto formal, as fichas das etapas dos momentums foram desmembradas em fichas menores e individuais para cada fator de pesquisa, auxiliando na escolha e separação dos itens a serem realizados e agregados no projeto.

Reforçou-se também para o próximo grupo focal a modularidade do método e a possibilidade de formar e adequar a sua morfologia de acordo com as demandas da pesquisa. Uma diferenciação a mais foi a criação de mais três fichas de microrganismos que auxiliassem em um primeiro momento de descoberta dos mesmos, contando com os dados caracterizados aqui na introdução. Ambos os grupos na segunda fase do grupo focal realizado em São Paulo, preferiram selecionar primeiro o microrganismo e a partir daí montar a morfologia do MBI.

O segundo grupo focal foi então realizado com um público diferente do primeiro. O teste aconteceu durante o curso de Biofashion que se realizou em 27/07/2019 das 10:00 às 15:00 em São Paulo, promovido pela empresa Divaholic. Participaram no total, nove alunos com formações bastante diversificadas, entre biólogos, professores do curso de design de moda, estudantes de design de moda, empregados da indústria têxtil e de confecção, todos com um desejo de realizar projetos com práticas sustentáveis em seus estudos ou trabalho.

Os participantes do curso foram então divididos em dois grupos, grupo 3 e grupo 4, de maneira a formar núcleos com escolaridade e formação diferenciada. Foi entregue então

duas fichas de microrganismos para cada grupo, grupo 3 ficou com as bactérias *Vibrio fischeri* e *Bacillus pseudofirmus*, e o grupo 4 com a bactéria *Komagateibacter xylinus* e o fungo *Fomes fomentarius*. As fichas desses microrganismos estão disponibilizadas a seguir nas figuras 37, 38 e 39.

Os grupos deveriam então decidir por um dos microrganismos, ou utilizar ambos, criar uma proposta de pesquisa e criar uma morfologia para aplicação do MBI. Previamente também foi apresentado aos participantes do curso alguns projetos microbioinspirados e explicada a sistemática do método MBI.

O grupo 3 decidiu utilizar o microrganismo que para eles representava um desafio maior que foi o *Bacillus pseudofirmus*. Já foi apresentado aqui na introdução este microrganismo que tem a capacidade de pelo seu metabolismo transformar lactato de cálcio em calcário, sendo utilizado na indústria da construção civil para fazer parte da composição do concreto atribuindo-lhe a propriedade especial de reparar e fechar micro rachaduras que ocorram no concreto, com dimensão de até 8 mm.

Partindo assim da seleção do microrganismo o grupo 3 formulou o seguinte problema: como ofertar um produto durável e com design moderno utilizando a bactéria? Continuaram a investigação do microrganismo para entendê-lo melhor, adicionaram alguns fatores sensoriais a pesquisa, como o desejo de produzir um produto com toque mais rústico e que tivesse forte apelo afetivo com o usuário. Procuraram algumas fontes de inspiração e resolveram recriar alguns produtos.

No momentum cell decidiram por recriar alguns acessórios como colares, pulseira, brincos, dentre outros, com pequenas estruturas de concreto com a bactéria, de maneira a produzir acessórios com uma conservação eficiente, de vida longa e que pode ir se modificando levemente com o tempo, dependendo das rachaduras que fossem ocorrendo ao produto.

O grupo insistiu bastante no quesito da criação de um vínculo do produto com o usuário, a criação de desejo e relações afetivas com o artefato. Já no momentum morf também optaram por um encadeamento de etapas acreditando que o processo de experimentação e prototipagem aconteceria sem maiores problemas (figura 40).

A2

*Bacillus pseudofirmus***RESUMO**

O *Bacillus pseudofirmus* é uma bactéria anaeróbia facultativa, produtora de esporos que podem viver por até 200 anos no meio ambiente. Geralmente habitam solos alcalinos, especialmente de lugares inóspitos como crateras de vulcões. Essa bactéria apresenta uma propriedade especial em relação ao seu metabolismo que a tornou muito útil para a arquitetura e engenharia civil, pois quando expostas à água elas são capazes de transformar lactato de cálcio em calcário, o que implica que elas podem promover a reparação de danos em concretos que apresentem rachaduras com largura de até 8 mm. Dessa maneira, os esporos do bacilo tem sido usados juntamente com lactato de cálcio para produzir bioconcreto, auxiliando a corrigir microrachaduras e infiltrações em obras em aproximadamente três semanas.

CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS

Morfologia: bacilo.

Metabolismo: promove a transformação de lactato de cálcio em calcário.

Crescimento: Cresce bem em ambientes com pH maior do que 9,0.

Meio de cultura: meio Luria-Bertani (LB) contendo lactato de cálcio e pH ajustado para 9,5.

Ecosistema: geralmente uma bactéria de solo alcalino.

Ecologia: Alcalifílico e álcali-tolerante.

Patogenicidade: não é patogênico.

Outras informações biológicas relevantes: está presente em vários bancos de microrganismos ao redor do mundo.

CARACTERÍSTICAS SENSÍVEIS

Cor: branco.

Brilho: fosca.

Textura: áspera.

Outras informações relevantes: pesquisas têm sido realizadas na Universidade Técnica de Delft, na Holanda.

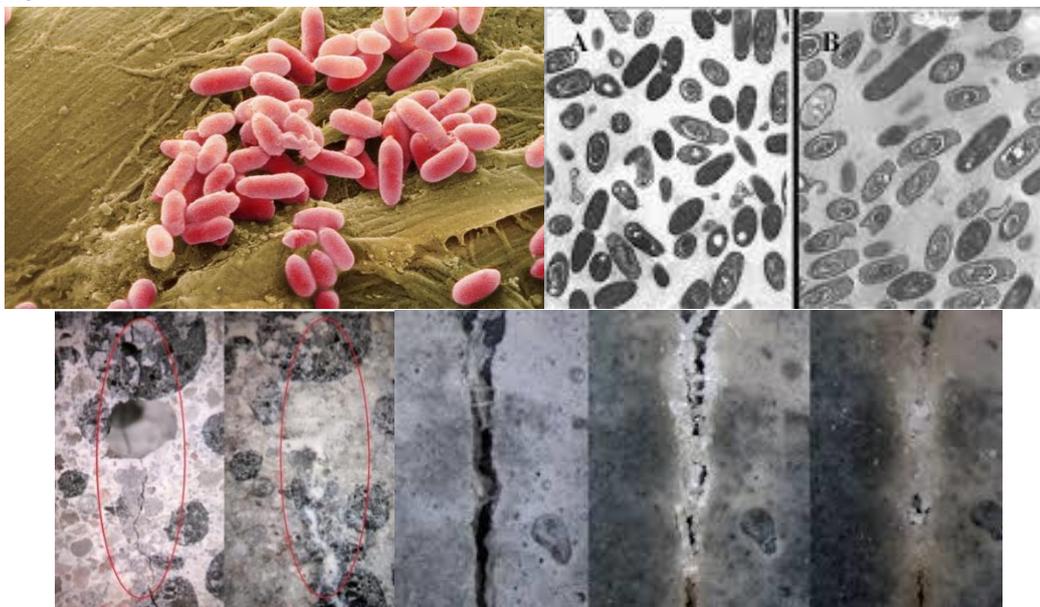
IMAGENS

Figura 37. Ficha do microrganismo *Bacillus pseudofirmus* apresentada ao grupo 3.

A3

*Komagateibacter xylinus***RESUMO**

A *Komagateibacter xylinus* é uma bactéria Gram-negativa da família Acetobacteriaceae, aeróbia estrita e que realiza a oxidação incompleta de açúcares e álcoois, tendo como grande diferencial a produção de celulose bacteriana, um biopolímero (homopolissacarídeo) livre de impurezas que forma microfibrilas secretadas na parede celular, sendo totalmente insolúvel em água, muito higroscópico. Essa celulose bacteriana, ao contrário da celulose vegetal, apresenta espessura nanométrica, enquanto a vegetal tem espessura micrométrica, além de apresentar maior resistência mecânica e física, flexibilidade e biocompatibilidade. Essa espessura muito mais fina potencializa a sua aplicação e associação a outros produtos e nanopartículas que atribuem a esse material novas propriedades especiais. Pode ser encontrado na superfície de frutas e vegetais, na rizosfera de vegetais ou mesmo na superfície de líquidos. Pode ser encontrada ainda formando um biofilme quando em simbiose com leveduras formando a kombucha. A celulose bacteriana pode ser empregada na indústria de cosméticos como estabilizantes, na indústria alimentícia na nata de coco, na indústria de papel, na indústria têxtil como biotecido, no tratamento de lixo e na purificação de esgoto, na medicina para auxiliar na regeneração da pele em ferimentos ou queimaduras ou como liberador de antibiótico, como material e suporte para obras de arte, dentre outras aplicações.

CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS

Morfologia: bacilo Gram-negativo com tamanho entre 2 µm e 10 µm. As células podem se encontrar sozinhas, em pares, em cadeia ou em aglomerados.

Metabolismo: produção de celulose bacteriana. Aeróbia estrita. Realiza a oxidação incompleta de açúcares e álcoois.

Crescimento: a kombucha leva de 3 a 4 semanas para atingir uma espessura de 2 cm.

Meio de cultura: chá verde ou preto, açúcar, vinagre, pH entre 3,5 e 4,5, temperatura entre 25° a 30° C.

Motilidade: quando móveis apresentam flagelo peritríquico.

Ecossistema: pode estar associada a frutas e verduras, rizosfera de vegetais e na superfície de líquidos. A celulose produzida auxilia na manutenção da umidade, flotação da colônia, reserva de nutrientes, proteção contra outros microrganismos, proteção contra os raios UV, assim como aderência a superfície das frutas e vegetais.

Ecologia: simbionte. Pode formar biofilmes com leveduras, como é o caso da kombucha.

Patogenicidade: não é patogênico.

Outras informações biológicas relevantes: alguns outros microrganismos também são capazes de produzir celulose bacteriana.

CARACTERÍSTICAS SENSÍVEIS

Cor: tons de bege e marrom à incolor. Pode apresentar uma variação de cor de acordo com o tipo de chá utilizado e o tipo de açúcar. Podem ser adicionados outros componentes para que ocorra a variação de cor, como vinho.

Brilho: leve brilho.

Textura: de lisa à rugosa dependendo da maneira que é realizada a secagem da colônia.

Forma: geralmente a colônia de kombucha adquire a forma do recipiente em que cresce e a espessura depende do tempo de crescimento e se está hidratada ou seca.

Cheiro: varia muito, principalmente em função do meio de cultura utilizado, mas geralmente tem o cheiro de chá preto ou verde, Podem ser adicionados também óleos vegetais após a secagem do material para atribuir outros aromas ao biomaterial.

Sabor: geralmente somente se consome o chá fermentado levemente gaseificado que pode ter o gosto do chá natural preto ou verde ou sabores diferenciados devido a adição posterior de essências de sabores naturais como menta, frutas vermelhas, dentre outros.

Outras informações sensíveis relevantes: o material é altamente hidrofílico e absorve água rapidamente. Alguns pós-tratamentos podem ser realizados como a dublagem do material com outros materiais biodegradáveis, assim como costura ou colagem com colas de origem vegetal.



Figura 38. Ficha do microrganismo *Komagataeibacter xylinus* apresentada ao grupo 4.

E1*Fomes fomentarius***RESUMO**

O *Fomes fomentarius* é um fungo parasita de árvores mortas, conhecido também como casco de cavalo ou fungo de pavio, pois durante um certo período da história foi usado como fonte de iluminação por povos nômades por ser poroso e ter a capacidade de se manter em chamas durante muitas horas. Tem aparência rugosa e escura parecendo com uma extensão da madeira. Já foi utilizado também como tecido e curativo devido a grande capacidade de absorver água e permanecer hidratado. Atualmente tem sido utilizado como um biotécido, uma espécie de camurça micológica flexível para a produção de acessórios.

CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS

Morfologia: formado por hifas que formam um corpo de frutificação cônico. Pode ter de 3 a 25 cm de raio.

Pigmento: melanina.

Reprodução: produz até 887 milhões de basidiósporos por hora no período da primavera.

Crescimento: tem a temperatura ótima de crescimento entre 27 e 30 °C.

Longevidade: pode sobreviver por anos, até decompor a matéria orgânica inteira a qual está associado.

Motilidade: imóvel.

Ecosistema: geralmente cresce isolado associado à madeira que geralmente está em decomposição. Pode ser encontrado principalmente no leste da América do norte, Ásia e Europa.

Ecologia: parasita e decompositor. Endófito.

Patogenicidade: parasita de plantas.

CARACTERÍSTICAS SENSÍVEIS

Cor: entre marrom, verde, ocre, cinza e preto. Grande variação tonal.

Brilho: opaco.

Sabor: não é comestível. Amargo.

Cheiro: frutado.

Textura: seca externamente e porosa/esponjosa internamente.

Material: orgânico e vegano. Modifica-se com o tempo.

Forma: cônica com várias camadas. Pode ser refilado em chapas pequenas de diversas espessuras.

Outras informações sensíveis relevantes: absorve bastante água, mas pode passar por um tratamento impermeabilizante com ceras naturais. Sensível à lavagem.

IMAGENS

Figura 39. Ficha do microrganismo *Fomes fomentarius* apresentada ao grupo 4.

O grupo 4 selecionou a bactéria *Komagateibacter xylinus*, interessados principalmente na produção da celulose bacteriana que é um material altamente higroscópico, ou seja que apresenta alta capacidade de absorver água e manter-se hidratado.

Após selecionar o microrganismo o grupo levantou como fator sensorial o toque do possível material úmido e maleável, como fatores transversais a possibilidade de utilização das bactérias para a saúde pública, e na investigação do microrganismo uma série de fatores como: a avaliação do poder de hidratação do material, o tempo de ação e durabilidade do material, a possibilidade de associação com substâncias terapêuticas e a eficiência na liberação dessas substâncias na pele, e também uma possibilidade remota de aplicação da bactéria na absorção de poluentes na água.

Fizeram ainda no momentum cell o levantamento de possíveis problemas que poderiam ser encontrados na utilização do material, como os efeitos colaterais para aplicação da bactéria na pele, a possibilidade de contaminação do material e a possibilidade de produção em larga escala.

Ao chegarem no momentum cell, decidiram por criar um produto de uso medicinal que seria a comercialização de um pó contendo a bactéria e a celulose bacteriana que poderia estar associado a um medicamento ou nutriente e que quando misturado na água no momento de uso, se transformaria em um gel que liberaria suas propriedades funcionais e se aplicado na pele promoveria hidratação e possível reabilitação de problemas cutâneos, com propriedades cosméticas e/ou curativas.

No momentum morf, o grupo 4 assim como os outros, optaram por um percurso linear contemplando os experimentos, problemas, resultados, discussão e perspectivas do projeto (figura 40).

Nessa segunda fase do grupo focal em São Paulo foi possível perceber um maior entendimento do método pelos participantes, com uma maior internalização da operacionalização do mesmo. Os grupos chegaram a excelentes resultados mesmo com o tempo restrito, com um projeto de pesquisa formatado para ser executado, prototipado e produzido.

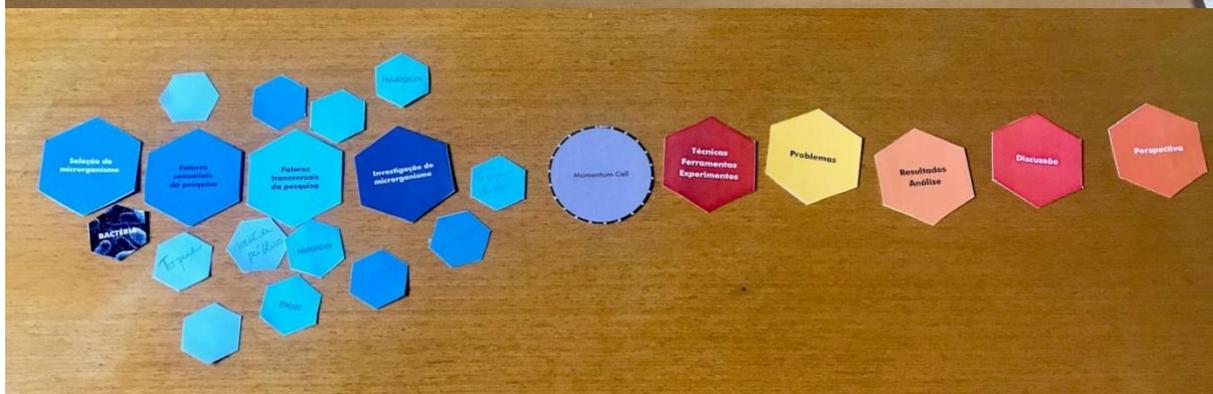
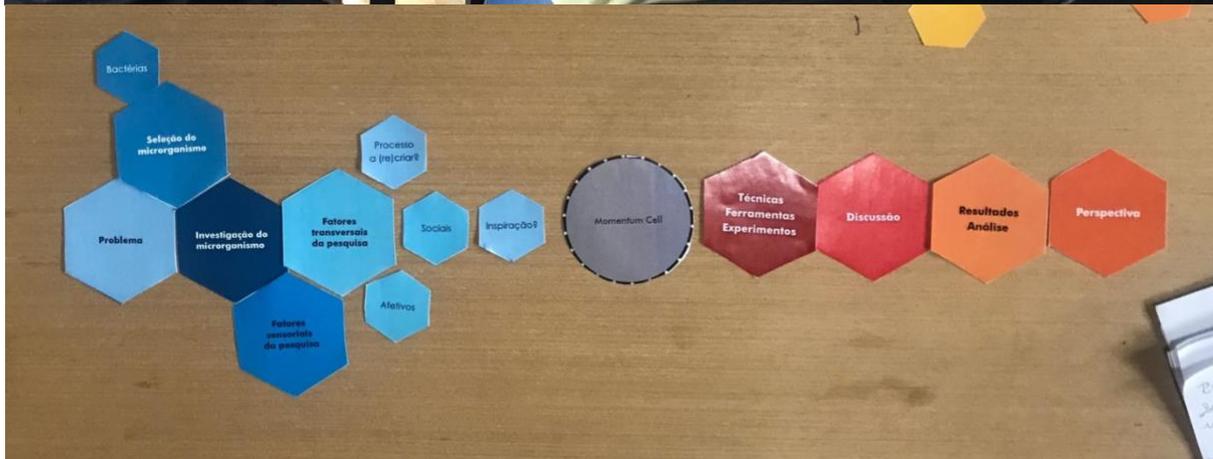


Figura 40. Foto dos grupos trabalhando em seus projetos e criando seus percursos do MBI no grupo focal realizado em São Paulo (em cima). Sequencia de etapas selecionadas pelos grupos 3 (ao centro) e grupo 4 (embaixo), formando suas respectivas morfologias de planejamento do MBI, em estudo realizado com dois grupos durante o curso de Biofashion, realizado pelo Divaholic no dia 27/07/2019.

Analisando-se de maneira geral os grupos focais MBI, eles foram boas oportunidades para colocar em prática o método, que em sua primeira experimentação mostrou a necessidade de ajustes que foram realizados de maneira eficiente para o segundo grupo focal. Ficou evidente também a necessidade dos grupos de se apoiarem nas fichas dos microrganismos desenvolvidas para pensarem nas propostas de projeto. Pode-se pensar então em um banco de dados on-line de microrganismos com potencialidade para aplicação em projetos criativos e que sirva de apoio aos pesquisadores. Além das fichas, a questão da pesquisa dos microrganismos também se tornou mais acessível e evidente com o material sistematizado na tese, no item 2.4 a respeito das fontes de pesquisa.

Foi possível concluir também que como os projetos não foram de fato executados, ou seja, os protótipos dos artefatos não foram produzidos, a previsão da maioria dos grupos para o momentum morf é de um ciclo linear. No entanto, acredita-se que a partir das experimentações e com os problemas encontrados o momentum morf irá necessitar ser adaptado pelo grupo, retornando a algumas etapas do momentum rep para sua resolução, assim como acontecerem etapas simultâneas também ao longo do momentum morf. Isso não é um problema na tese e nem para o MBI, uma vez que o método se configura e reconfigura de maneira contínua ao longo da pesquisa, se caracterizando acima de tudo como um método vivo.

Para finalizar, as anotações realizadas pelos quatro grupos ao longo das práticas se encontram nos anexos 2 caso seja de desejo consultar este material. Está presente também no anexo 1 os infográficos impressos para explicar o MBI para os grupos focais e as peças que foram impressas em papel para que eles formassem as suas morfologias do MBI.

3.2 Pesquisas Microbioinspiradas

Com o intuito de exemplificar alguns trabalhos que estão sendo realizadas de forma interdisciplinar com a biologia, e mais especificamente com microrganismos e sua relação com pesquisas das áreas de criação, foram selecionados alguns projetos para serem apresentados. As pesquisas selecionadas foram revistas de acordo com a ótica do MBI.

Um dos mais importantes projetos de Biodesign, BioCulture (2011), que inspirou inicialmente essa pesquisa de métodos interdisciplinares, 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 originar um biomaterial que pode ser utilizado em várias áreas, e testados por ela no vestuário.

Para a realização de seu experimento, Lee utiliza uma colônia simbiótica formada por levedura (fungo) e uma bactéria denominada *Komagateibacter xylinum*. Essa colônia é popularmente conhecida como Kombucha, e é consumida geralmente como uma bebida fermentada à base de chá.

Para a criação do biomaterial, um chá verde concentrado é preparado com a adição de grande quantidade de açúcar e vinagre orgânico de maçã, colocado 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 à espessura de aproximadamente dois centímetros. A colônia é então retirada do chá, lavada e colocada para secar. Após seca, a colônia/tecido está pronta para o corte e confecção da roupa.

Esse biomaterial apresenta coloração amarelada, textura manchada, cheiro acre que pode ser modificado a partir da utilização de essências naturais em óleo, com espessura variando de acordo com o tempo de crescimento. Quando mais espessa e ainda hidratada ela apresenta o aspecto de um couro macio, mas quando mais fino e seco, se assemelha a um papel kraft.

Durante o processo de crescimento os microrganismos presentes na colônia produzem a celulose bacteriana, formando essa camada flexível que origina o biomaterial, que pode ser costurado em máquinas de costura industrial, colado com colas naturais como à cola de mandioca, moldados em manequins de modelagem e ainda ser estampado com utilização de frutas ou tingido com índigo. O tecido resultante da criação de Lee é uma proposta de utilização de biomaterial sustentável, no ponto de vista ambiental, e que pode ter uma produção pelo próprio usuário (figura 41).

Sua visão possibilitou a percepção de um processo de produção de bebida fermentada, como um meio de criação de um biomaterial e esse seu novo olhar também é uma grande contribuição de seu trabalho para os pesquisadores de design, arte, arquitetura, dentre outros, que podem rever processos de fabricação tradicionais como uma possibilidade de emprego em projetos futuros.



Figura 41. Cultura de Kombucha em crescimento e casaco produzido a partir do material seco, costurado e estampado com frutas vermelhas no projeto BioCouture de Suzane Lee.⁴⁴

⁴⁴ Fonte: Disponível em: <<https://www.dezeen.com/2014/02/12/movie-biocouture-microbes-clothing-wearable-futures/>>. Acesso em: 10 de Ago 2018.

Pensando o experimento de Lee na perspectiva do MBI, vemos que a seleção do microrganismo e a investigação do microrganismo são preponderantes na sua pesquisa, onde os experimentos realizados permitiu um aperfeiçoamento de sua técnica de crescimento da kombucha em maior escala.

Seu método de trabalho experimental mostra múltiplas possibilidades de aplicação de um biomaterial que pode ser costurado ou moldado a diversas superfícies, indo do rígido ao maleável, também fazendo parte de um momentum morf da pesquisa de investigação de utilização do material.

O fator tempo de crescimento da colônia microbiológica, torna o projeto potente para várias análises de fatores transversais da pesquisa, que poderiam ser investigados com o MBI, O cultivo do microrganismo acentua os fatores afetivos na relação do biomaterial com o usuário, os fatores econômicos advindos da produção local do tecido podem ser considerados, os fatores éticos de compromisso e continuidade do projeto para a preservação do microrganismo e a permanência do ciclo de vida dos produtos gerados, dentre outros.

Em relação aos fatores sensíveis da criação do biomaterial com o viés do MBI, poderiam ser testadas variações da coloração com o crescimento das colônias com pigmentos naturais, produção de texturas utilizando superfícies em relevo para marcar o biomaterial, pensando assim no tato e na visão. Levando em consideração ainda os fatores sensíveis da pesquisa, poderia ser investigada também a questão do cheiro do produto final, influenciado pela utilização de uma mistura de outros tipos de chá.

O projeto *BioCouture* permanece hoje com a proposta de incorporar materiais biomiméticos ou que utilizam organismos vivos no vestuário, pensando em materiais para o hoje e para o futuro, de fontes renováveis ou que gerem menos desperdício ou dejetos.

Mudando de perspectiva, o trabalho de Liana Nigri, artista visual do Rio de Janeiro que tem interesse por bioarte, também apresenta a kombucha na criação de artefatos, pensando o biomaterial como base para as suas reflexões sobre a impermanência da vida.

Nigri apresenta um trabalho experimental com geração de memórias táteis e visuais. Utilizando a kombucha como material, a artista cresce a colônia e depois a deixa secar sobre objetos e seres vivos para captar suas texturas, cores e formas em seu projeto denominado

Lasting Leaves (2015), acrescentando a estes tecidos/colônias finais já enrijecidos as suas memórias, traumas e experiências.

Já em *Eve and Adam* (2016) repensa com a utilização do biomaterial, o corpo, a pele humana e a fragilidade da vida. Na obra, a gênese é ilustrada por meio da história de Adão e Eva, onde parte do corpo da artista foi usado como molde para criar meio torso feminino e a folha denominada costela de Adão, o torso masculino, trazendo a tona questões de gênero, mas com uma presença mais marcante e potente do feminino (Figura 42).

Se as pesquisas de Nigri fossem ciadas utilizando o MBI, certamente o foco seria muito maior nos fatores transversais e sensíveis da pesquisa do que propriamente na investigação dos microrganismos. Dentre os fatores transversais destacaríamos as questões sociais e políticas e nos fatores sensíveis as texturas, transparências, cores e formas do material.

No projeto *Victimless leather* (2004), os cientistas Oron Catts e Ionat Zurr do laboratório australiano SymbioticA localizado na *University Of Western Australia* em Perth, criaram um protótipo de um casaco com tecido celular, que permaneceu vivo durante cinco semanas alimentando-se de um bionutriente em uma bomba peristáltica⁴⁵. A base do casaco foi criada em um polímero biodegradável e depois semeada com células ósseas e cartilaginosas de rato (figura 43). Apesar de não empregar microrganismos em sua constituição, a pesquisa é de grande valia quando analisamos a interdisciplinaridade da biologia com as áreas criativas.

Os maiores problemas encontrados pelos pesquisadores Catts e Zurr para a execução deste protótipo de casaco constituído por células de rato, foram à nutrição dos tecidos celulares formado por compostos de origem animal e a escala dos protótipos. Essa é uma dificuldade comum deste projeto e que pode também acontecer em projetos microbiinspirados. Dependendo do microrganismo selecionado existem algumas dificuldades de reproduzir seu ambiente favorável para o seu crescimento.

⁴⁵ Uma bomba peristáltica é um equipamento utilizado para bombear os nutrientes presentes neste caso, no soro fetal bovino, para a superfície de células do casaco, mantendo o ambiente fechado e protegido.



Figura 42. A - A obra de Liana Nigri, *Lasting Leaves* (2015) acima, com captura de superfícies e texturas gravadas no biomaterial de kombucha; B- *Eve and Adam* (2016) abaixo, com a representação da Gênese realizada no biomaterial ilustrando um seio e uma costela de Adão.⁴⁶

⁴⁶ Fonte: A- Disponível em: <<http://liananigri-art.com/new-page-1/>>. Acesso em: 11 Fev 2019. B- Disponível em: <<http://liananigri-art.com/eve-adam-1/>>. Acesso em: 11 Fev 2019.

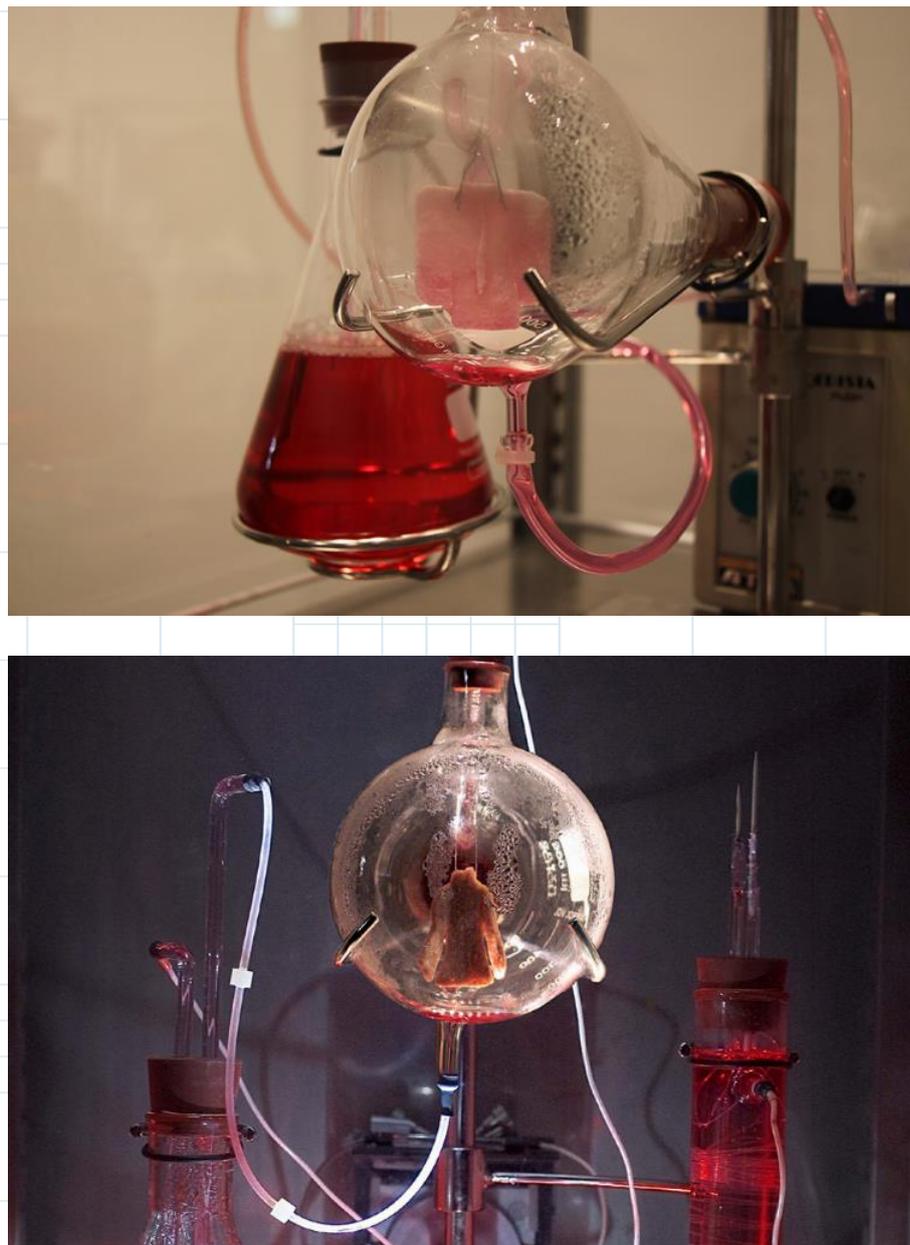


Figura 43. Base do protótipo do casaco constituído por polímero biodegradável no início do experimento quando semeado com as células de rato (acima) e o casaco crescido após alguns meses e sendo nutrido pela bomba peristáltica (abaixo).⁴⁷

⁴⁷ Fonte: Disponível em: <<http://lab.anhb.uwa.edu.au/tca/vl/>>. Acesso em: 12 Set 2017.

Para encontrar uma solução para esse problema de pesquisa utilizando o MBI, talvez uma proposta fosse retornar a etapa de seleção do organismo e selecionar outro organismo. Caso fosse um microrganismo poderíamos optar por um micróbio que tivesse menos exigências nutricionais e outra organização celular, como por exemplo, os fungos que podem formar camadas de micélios, originando uma espécie de “couro” ou “camurça” microbiana.

Além dos problemas técnicos encontrados em relação ao crescimento de células eucarióticas e sua nutrição, claramente este tipo de pesquisa envolve também alguns questionamentos éticos e outros fatores transversais de pesquisa, que precisam ser discutidos ou fomentar discussões. “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), e esta é uma realidade nos trabalhos desenvolvidos por Catts e Zurr.

Apesar do grande enfoque na ética outros fatores transversais podem ser levantados se utilizarmos o MBI como método, como os fatores sociais envolvidos na relação entre o cultivo de organismos vivos, os fatores culturais que dependendo do país apresentam diferentes abordagens da relação homem-animal, os fatores ambientais do ciclo de vida do produto de origem animal, os fatores econômicos do desenvolvimento de um tecido animal e a indústria pecuária, além dos patológicos, afetivos, existenciais, dentre outros.

A utilização de um método como o MBI, modular, com etapas simultâneas e que se cruzam, se ligam, com uma perspectiva viva, faz todo sentido para os propósitos de desenvolvimento de pesquisas como as realizadas pelo laboratório SymbioticA que realizam trabalhos de bioarte, utilizando a matéria viva como meio ou inspiração para a produção de obras realizadas em labateliês⁴⁸.

Frances Stracey (2009), pesquisadora da área de História da Arte da Universidade de Londres, faz um panorama da bioarte, mostrando como o desenvolvimento da biologia conduziu a uma mudança no meio artístico tradicional, onde os objetos de arte foram transformados na criação de seres vivos, graças à ajuda de cientistas e apoios financeiros.

⁴⁸ O termo labateliê foi criado para resignificar o espaço do laboratório que se transformam em ateliês de criação interdisciplinar.

Segundo Stracey, os praticantes da bioarte apoiam a justificativa de seus trabalhos no esteticismo e cientificismo, ou simplesmente na sua liberdade de criação.

No entanto, apesar do trabalho do artista não necessitar de justificativas além de uma maneira pessoal de ver o mundo e mostrar uma visão única desta perspectiva aos interatores, nem sempre os fatores estéticos ou científicos são necessariamente prioridade nas abordagens artísticas.

No trabalho de Nigri, a kombucha é a matéria prima e a poética do trabalho, onde parte dos valores estéticos é atribuído ao próprio microrganismo utilizado. Já em outros trabalhos mencionados, vemos dosagens diferentes de cada uma das etapas selecionadas, havendo pesos diferenciados dependendo de cada artista. Neste princípio o MBI pensa justamente nesta maleabilidade de visões e abordagens a depender do enfoque e das pesquisas relacionadas aos trabalhos microbiinspirados.

Projetos envolvendo a utilização de organismos vivos pela Bioarte, tem sido precursores desde as últimas décadas, com trabalhos experimentais como o *GFP Bunny* (2000) de Eduardo Kac. Alba, 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 antes inexistentes.

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, além de fazer uma crítica ao cristianismo, ideias e conceitos que estão relacionados aos fatores transversais da pesquisa no MBI (figura 44).

A produção e expressão desse gene que codifica a proteína GFP foram viabilizadas justamente pela utilização do DNA plasmidial, um DNA circular presente nas bactérias. O gene do GFP é acoplado a um plasmídeo que funciona como um mensageiro, carregando e transmitindo o gene para o DNA de outras espécies de seres vivos. Assim alguns projetos não dizem respeito diretamente aos microrganismos, mas eles fazem parte e são essenciais para o desenvolvimento de trabalhos que envolvem o desenvolvimento de seres transgênicos.



Figura 44. Alba, o coelho fluorescente (acima) e Eduardo Kac com Alba (abaixo).⁴⁹

⁴⁹ Fonte: Disponível em: <<http://www.ekac.org/>>. Acesso em: 03 Dez 2016.

A exposição de Eduardo Kac "*Natural History of the Enigma*" (2009) é um dos seus típicos trabalhos de Arte transgênica, onde novas formas de vida foram criadas a partir de híbridos genéticos que misturam uma fração do código genético do artista com o de outros seres vivos, neste caso uma petúnia transgênica batizada de '*Edunia*', que foi possível ser criada graças a transferência genética utilizando microrganismos.

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

Esse plasmídeo modificado e que apresenta o DNA de Kac 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 modificadas são expostas ao antibiótico canamicina, e apenas aquelas células que conseguiram absorver os plasmídeos e assim sofreram mutação, apresentam tanto o gene de Kac como o 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 genética na petúnia é a formação de veios avermelhados nas pétalas da flor, lembrando um sistema circulatório bastante ramificado. Tanto o resultado da pesquisa pode ser visto na figura 45, quanto um infográfico mostrando o processo de transferência genética é ilustrado na figura 46.

Nesse trabalho de Kac vemos que os pontos chave se pensarmos pela perspectiva do MBI, foram a formação e coordenação de equipes interdisciplinares altamente especializadas capazes de realizar mutações genéticas interespecífica e a complexidade das ferramentas e experimentos realizados para executar a pesquisa, focando assim no momentum morf.



Figura 45. A- Detalhe da flor da Edunia, mostrando seu sistema vascular; a planta em exposição no Weisman Art Museum em Minneapolis (acima); e B- a embalagem com as sementes da Edunia produzida no projeto *Natural History of the Enigma* (abaixo).⁵⁰

⁵⁰ Fonte: Disponível em: <<http://www.ekac.org>> Acesso em: 03 Dez 2016.

Eduardo Kac
 Processo de produção da obra *Natural History of The Enigma* (2008)

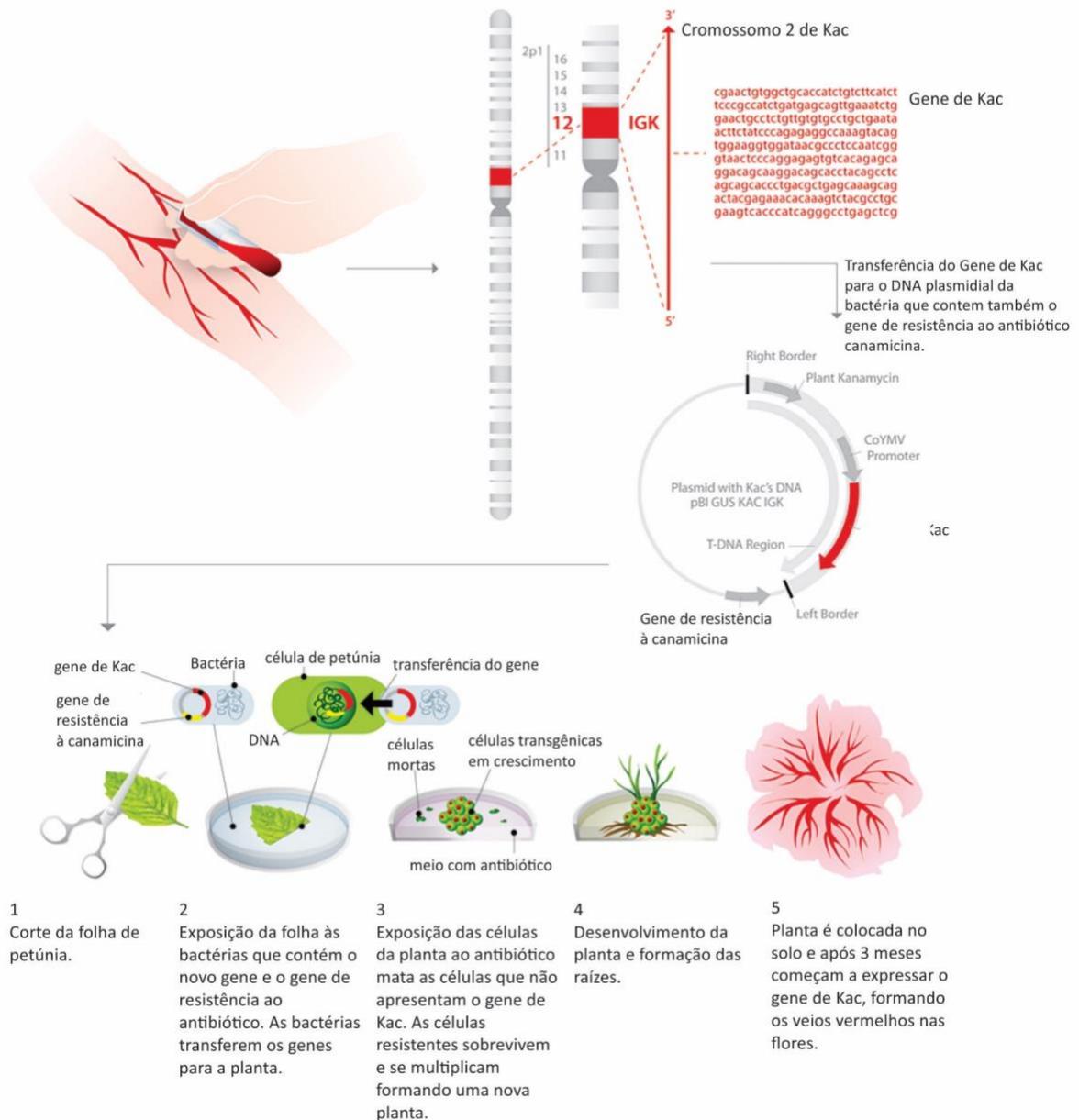


Figura 46. Infográfico com o processo de transferência genética do gene de Kac para o DNA plasmidial (1), o contato das bactérias transformadas com as células da petúnia e a transferência do DNA da bactéria para a célula da planta (2), a exposição das células de planta ao antibiótico canamicina (3); as células sobreviventes formando a petúnia geneticamente modificada (4); e a expressão do gene de Kac formando os veios avermelhados nas pétalas da flor(5) (tradução nossa).⁵¹

⁵¹ Fonte: Disponível em: <<http://www.ekac.org>> Acesso em: 03 Dez 2016.

Como visto nos estudos de caso aqui citados, os microrganismos podem ser utilizados desde uma maneira conceitual e abstrata, até a sua materialidade como artefatos, ou mesmo como material poético para as pesquisas interdisciplinares. Dos microrganismos que já foram descobertos e catalogados pela ciência, grande parte ainda não foi pensado por meio de perspectivas interdisciplinares.

Ficam aqui então esses indícios que motivaram o desenvolvimento desta tese e que servem como inspiração para muitos outros, que pela perspectiva e utilização do MBI, podem ter resultados surpreendentes para muitas áreas.

4 PERSPECTIVAS MICROBIOINSPIRADAS

Ao longo do desenvolvimento desta tese foi possível relatar o que os microrganismos me disseram ao longo da relação que criamos, que me mostrou como é possível os conhecer melhor, valorizar a sua importância e seus ensinamentos e como nos expressar a partir das suas histórias.

O Método Microbioinspirado e seus momentums foram criados para que outras histórias sobre os microrganismos sejam criadas, outros artefatos sejam produzidos, sejam eles de arte, design, arquitetura, moda, sendo realizados por pesquisadores, professores, estudantes, ou qualquer outra pessoa que tenha como desejo produzir com foco na interdisciplinaridade com a microbiologia.

Dessa maneira o objetivo de criar um método interdisciplinar da microbiologia com áreas de criação com a finalidade de conduzir a produção de artefatos por pesquisadores foi atingido. O MBI foi criado e testado em grupos focais que mostraram um amadurecimento do método e seu potencial de aplicação.

Com o MBI foi preenchida uma lacuna existente na literatura acadêmica para os pesquisadores que se interessam pela temática, pois não havia qualquer proposta de sistematização de um método com tal finalidade.

Um ponto positivo e alcançado com o MBI foi à criação de um método vivo, assim como os microrganismos, que se adapta ao longo de sua execução e que permite a liberdade das escolhas das etapas pelo pesquisador, mas ainda assim o orientando ao longo do percurso. Outro ponto positivo do MBI é a possibilidade de adaptação as mais diversas propostas de utilização de microrganismos para a produção de artefatos.

Além da liberdade criativa e adaptabilidade do método, destaco também o alinhamento do MBI com sistemas complexos, que tratam não somente dos microrganismos, mas dos fatores sensoriais e transversais presentes na pesquisa.

Outro fator essencial do MBI é o foco na pesquisa e no processo de descoberta e experimentação com os microrganismos, que pode acontecer antes de uma definição de um problema de pesquisa. O olhar do pesquisador e a maneira que ele vê o microrganismo e lhe atribui valores simbólicos pode ser transformador para o MBI.

Esta tese foi construída por um longo caminho, e que inicialmente era focado apenas na comunicação dos microrganismos, mas durante a pesquisa, a criação de um método se tornou um assunto muito mais urgente a ser resolvido e que demonstrou também a importância de se trabalhar com um grupo interdisciplinar.

Durante esse percurso, tive aula com colegas das artes visuais, da música, do design, da psicologia, fui orientado diretamente e indiretamente por doutores de diferentes áreas, ministrei aulas e cursos para os diversos níveis de escolaridade, com públicos muito diversos. Foi essa diversidade que possibilitou a criação deste método.

Um grande desafio durante o desenvolvimento do MBI foi então tornar a linguagem acessível e clara, em um processo de escrita progressivo e em muito facilitado pela criação dos infográficos, que conduzem o pesquisador ao longo da descoberta do método, fazendo uso de exemplos e estudos de caso para ilustrá-lo.

Outra estratégia utilizada e de grande valia foi o glossário e as notas de rodapé, que ao longo da leitura explicam termos mais técnicos e aqueles que são utilizados de maneira transversal entre a biologia e a arte, criando essa linguagem que enriquece esse meio de cultura e o torna mais atraente.

As fichas dos microrganismos criadas para auxiliar os pesquisadores a iniciar a criação das pesquisas também é um ponto alto na tese e que se mostrou uma ferramenta que pode se tornar muito mais expressiva se for transformada em um repositório virtual de contribuição coletiva, como um *wiki*, uma enciclopédia colaborativa livre. Esse atlas digital de microrganismos pode então contar com as informações biológicas e sensíveis, além de imagens, instruções de cultivo, experiências pessoais com os microrganismos, releases de projetos que utilizaram o microrganismo, dentre outros.

Pretende-se também disponibilizar os infográficos e materiais on-line e divulgar bastante o MBI para aumentar a produção de artefatos, incentivando assim o crescimento das pesquisas interdisciplinares e o fortalecimento dos projetos Microbioinspirados.

Com a realização de mais projetos utilizando-se o MBI, o próprio método pode ir se fortalecendo e se ajustando com o tempo, pois é a execução que trás o processo de melhoramento do método.

O MBI contribui assim com a comunidade acadêmica a partir do momento que se propõe a criar um método de realizar pesquisas microbioinspiradas, principalmente voltado para áreas do conhecimento que tem como base a criatividade. Contribui também com o adiantamento das pesquisas científica quando se propõe a fazer pesquisa de uma maneira diferente, colaborativa e com foco na utilização de microrganismos vivos, mas com um olhar sensível e transversal para os mesmo.

Pela sua acessibilidade e linguagem o MBI pode também ser utilizado e gerido por qualquer pessoa que tenha interesse pela área na sociedade e que se proponha a reescrever a história dos artefatos, mas com outra maneira de fazer, com práticas mais sustentáveis e mais atentas a maneira da natureza de realizar as coisas.

Espero que a partir desta pesquisa surjam muitos outros projetos Microbioinspirados e que o MBI sirva de subsidio e coragem a toda e qualquer pessoa que deseje criar artefatos utilizando para isso microrganismos como sistemas vivos, basta para isso ouvir os microrganismos e escrever outras histórias sobre o que os microrganismos nos dizem.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ABBAGNANO, Nicola. **Dicionário de filosofia**. 6ª ed. São Paulo: Editora WMF Martins fontes, 2012.

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

ARRUDA, A. J. V. **Métodos e processos em biônica e biomimética**: a revolução tecnológica pela natureza. São Paulo: Blucher, 2018.

BAUMAN, Z. **Comunidade**: a busca por segurança no mundo atual. Rio de Janeiro: Zahar, 2003.

BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Rio de Janeiro: Contraponto, 2005.

_____. **O novo espírito científico**. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro, 2000.

BAXTER, Mike. **Projeto de produto: guia prático para o design de novos produtos**. 2. ed. rev. São Paulo: Edgard Blücher, 2000.

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

BONSIEPE, G. **Design, Cultura e Sociedade**. São Paulo: Blucher, 2011.

BOONE, D.; CASTENHOLZ, R.; GARRITY, G. **Bergey's Manual of Systematic Bacteriology – volume 1**. New York: Springer, 2010.

BROWN, A.; SMITH, H. **Benson's microbiological application**: laboratory manual in general microbiology. New York: McGraw-Hill, 2017.

BÜRDEK, B. E. **Design**: história, teoria e prática do design de produtos. São Paulo: Blucher, 2010.

CADÔR, A.B. **O livro de artista e a enciclopédia visual**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2016.

CARDOSO, R. **Uma Introdução à História do Design**. São Paulo: Martins Fontes, 2008.

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.

DESCARTES, R. **Discurso do método**. São Paulo: Ícone, 2006.

DETANICO, F. B.; TEIXEIRA, F. G.; SILVA, T.K. A biomimética como método criativo para o projeto de produto. **Revista Design & Tecnologia**: vol. 1, pg. 101-113, 2010.

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

FLUSSER, V. **A escrita**. Há futuro para a escrita? São Paulo: Annablume, 2010.

FRANCO, B.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2008.

- FROSCHE, R.; GALLOPOULOS, N. **Strategies for manufacturing**. Scientific American 261(3):144-152, 1989.
- GARITY, G. M. **Bergey's Manual of Systematic Bacteriology – volume 2**. New York: Springer, 2010.
- GOERING, R. V. **Microbiologia médica de MIMS**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.
- HALL, S. **Cultura e representação**. Rio de Janeiro: Editora PUC-Rio: Apicuri, 2016.
- HAJDENWURCEL, J. **Atlas de microbiologia de alimentos**. São Paulo: Fonte, 2004.
- HESKETT, J. **Desenho Industrial**. São Paulo: José Olympio, 2006.
- HOLANDA, C.; ARIMATEIA, D.; NETO, R. **Manual de bacteriologia e de enteroparasitas**. Natal: EDUFRRN, 2017.
- <<http://www.genomesonline.org/>> Acesso em: 26 jul 2019.
- <<http://www.ekac.org>>. Acesso em: 03 dez 2016.
- <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>>. Acesso em: 31 jul 2019.
- <<https://portal.fiocruz.br/>>. Acesso em: 31 jul 2019.
- <<https://portal.fiocruz.br/colecoes-microbiologicas/>>. Acesso em: 31 jul 2019.
- <<http://www.saude.gov.br/>>. Acesso em: 31 jul 2019.
- <<http://www.treehugger.com/sustainable-fashion/>>. Acesso em: 03 dez 2016.
- <<http://www.tca.uwa.edu.au/>>. Acesso em: 03 dez 2016.
- <https://www.ufpe.br/colecao_ufpeda/>. Acesso em: 31 jul 2019.
- <<http://www.westerdijkinstituut.nl/>>. Acesso em: 31 jul 2019.
- <<http://www.wfcc.info/ccinfo/home/>>. Acesso em: 31 jul 2019.
- KANT, I. **Crítica da razão pura**. São Paulo: Ícone, 2007.
- KAPLAN, A. **A conduta na pesquisa: metodologia para as ciências do comportamento**. São Paulo: Herder/EDUSP, 1969.
- KONEMAM, E. W. **Diagnóstico Microbiológico: texto e atlas colorido**. São Paulo: Guanabara Koogan, 2008.
- LACERDA, C.; SORANSO, P.; FANGUEIRO, R. **O contexto Biomimético Aplicado ao Design de superfícies Têxteis**. REDIGE: v.3, n. 03, 2012.
- LANA, S.L.B., A complexidade dos métodos em design. **Caderno de estudos avançados em design: Método**, pg. 53-65, 2011.
- LASKY, J. **The Beauty of Bacteria**. The New York Times: pages D1-D7, January 17, 2013.
- LEBOFFE, M. J.; PIERCE, B. E. **A Photographic Atlas for the Microbiology Laboratory**. Denver: Morton Pub Co., 2011.

- LINS, M. 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, M. [et al]. **Microbiologia de Brock**. Porto Alegre: Artmed, 2010.
- MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Metodologia Científica**. São Paulo: Atlas, 2004.
- MATURANA, H. R. **Cognição, ciência e vida cotidiana**. Belo Horizonte: UFMG, 2001.
- _____. **Emoções e linguagem na educação e na política**. Belo Horizonte: UFMG, 1998.
- MATURANA, H. R.; VARELA, F. J. **A árvore do conhecimento: as bases biológicas da compreensão humana**. São Paulo: Palas Athena, 2001.
- _____. **Autopoiesis and cognition: the realization of the living**. Boston: D. Reidel Publishing Company, 1980.
- _____. **De maquinas y seres vivos**. Autopoiesis: la organizacion de lo vivo. Santiago: Editorial Universitaria, 1998.
- MAYFIELD, J. E. **The engine of complexity : evolution as computation**. New York: Columbia University Press, 2013.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Biossegurança em laboratórios biomédicos e de microbiologia/ Secretaria de vigilância em saúde, Departamento de vigilância epidemiológica**. Brasília: Ministério da Saúde, 2004.
- MORIN, E. **Introdução ao pensamento complexo**. Porto Alegre: Sulina, 2015.
- MYERS, W. **Bio Design**. London: Thames & Hudson, 2012.
- NEDER, R. **Microbiologia: manual de laboratório**. Barueri: Nobel, 1992.
- PÁDUA, E. M. M. **Metodologia da pesquisa: abordagem teórico-prática**. Campinas: Papirus Editora, 2004.
- PEREIRA, E. Q.; NASCIMENTO, E. P. A interdisciplinaridade nas universidades brasileiras: trajetória e desafios. **REDES (St. Cruz Sul, Online)**: v. 21, nº 1, p. 209-232, 2016.
- POINCARÉ, H. **O valor da ciência**. Rio de Janeiro: Contraponto, 2011.
- POPPER, K. R. **A lógica da pesquisa científica**. São Paulo: Cultrix, 2013.
- PROCOP, G.; KONEMAN, E.; CHURCH, D. et al. **Koneman's color atlas and textbook of diagnostic microbiology**. Alphen Aan Den Rijn: Wolters Kluwer, 2016.
- PRODANOV, C.C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2 ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.
- QUINN, P.; MARKEY, B.; HARTIGAN, P. Et al. **Veterinary microbiology and microbial disease**. New Jersey: Wiley-Blacknell, 2011.
- REDDY, C. A. **Methods for general and molecular microbiology**. Oxford: Oxford university press, 2007.

- ROMANO, L. M. **Modelo de referência para o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas** (tese). Florianópolis. Programa de pós-graduação em engenharia mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.
- SCHNEIDER, B. **Design – Uma introdução**: o Design no contexto social, cultural e econômico. São Paulo: Blucher, 2010.
- SILVA, G. 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, N.; TNIWAKI, M.; JUNQUEIRA, V. et al. **Microbial examination methods of food and water: a laboratory manual**. Florida: CRC Press, 2018.
- SINGLETON, P.; SAINSBURY, D. **Dictionary of Microbiology and Molecular Biology**. New York: John Wiley & Sons, 1978.
- SOARES, M.A.R. **Biomimetismo e ecodesign**: desenvolvimento de uma ferramenta criativa de apoio ao design de produtos sustentáveis. (Dissertação). Lisboa. Faculdade de ciências e tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, 2008.
- STEARNS, J.; JULIENNE, K.; SURETTE, M. **Microbiologia para leigos**. Rio de Janeiro: Alta Books, 2018.
- STRACEY, Frances. Bio-art: the ethics behind the aesthetics. **Nature Reviews Molecular Cell Biology**: volume 10, pg. 496-500, 2009.
- STROSBERG, E. **Art and Science**. Paris: UNESCO Publishing, 1999.
- TANG, Y.; STRATTON, C. **Advanced techniques in diagnostic microbiology**. Boston: Springer, 2013.
- TORTORA, G.; FUNKE, B.; CASE, C. et al. **Microbiologia**. Porto Alegre: Artmed, 2016.
- TURNER, J. **The dictionary of Art**. London: Macmillan Publishers Limited, 1996.
- VARELA, F. J.; MATURANA, H. R.; URIBE, R. **Autopoiesis**: the organization of living systems, its characterization and a model. *Biosystems* 5:187-196, 1974.
- VARELA, F. J.; THOMPSON, E.; ROSCH, E. **The embodied mind**: cognitive science and human experience. Boston: MIT Press, 1993.
- WITHMAN, W. **Bergey's Manual of Sistematic Bacteriology – volume 4**. New York: Springer, 2010.
- ZARINA, S. **The Visual Language of Contemporary Digital Art and Its Collaborative Aspects on Science**. Disponível em: <<http://doc.gold.ac.uk/aisb50/AISB50-S12/AISB50-S12-Zarina-paper.pdf>>. Acessado em 29 ago 2016.
- ZHOU, X.; LI, Y. **Atlas of oral microbiology**: from healthy microflora to disease. San Diego: Elsevier Science Publishing Co Inc, 2015.

ANEXOS

ANEXO 1: INFOGRÁFICO DO MBI

MBI

Método Microbioinspirado



É um método interdisciplinar de criação de projetos que incorporam microrganismos, pensando o micróbio não apenas como uma ferramenta, mas com uma ampla variedade de utilização e vinculações com áreas criativas.

Basicamente, pode-se dividir a metodologia em três ciclos, três *momentums*: Momentum Rep, Momentum Cell e Momentum Morf, sendo realizado geralmente em primeiro lugar o **Momentum Rep** e em seguida o **Momentum Morf**, mas eles podem se alternar sucessivamente e conforme a especificidade da pesquisa, intercalados pelo **Momentum Cell**. Da mesma maneira, as etapas listadas em cada um dos *momentums* podem ter diversos encadeamentos lineares, circulares, ramificados, construindo teias de etapas que se alternam entre os dois *momentums*.

Momentums e etapas

Os *Momentums* são estágios, partes, ciclos distintos da pesquisa e são constituídos por etapas. Não podem ser comparados a teoria e prática, pois os dois *Momentums* compreendem os dois lados, mas um tem maior inclinação para a ideação, e consequente representação dos temas a serem trabalhados e discutidos (*momentum rep*) e o outro uma face mais morfológica, ou seja estruturante e atribuindo forma as ideias (*momentum morf*). Nem todas as etapas de um *momentum* precisam ser contempladas e selecionadas no MBI, mas em algumas delas você precisará fazer escolhas para conseguir direcionar a sua pesquisa e a compreender com um olhar panorâmico.

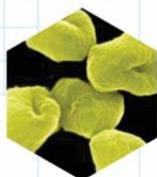
As etapas constituem os *momentums*. Você perceberá que elas não tem uma sequência específica. Em um determinado projeto você poderá começar sua pesquisa pela etapa de seleção de um microrganismo, enquanto em outros a partir de um problema de pesquisa. Além disso, algumas etapas podem se repetir, ou ter mais de um item de interesse, por exemplo, no caso do estudo de biofilmes (comunidade de microrganismos com alto grau de organização) você tem mais de um microrganismo a ser selecionado, ou então você pode ter interesse em investigar um microrganismo e analisar sua locomoção e evolução, e assim estabelecer uma relação entre esses fatores e finalmente traçar um paralelo e propor uma linha de pesquisa, por exemplo. Fique a vontade para selecionar e compreender suas etapas e como elas se relacionam entre si.

Morfologias

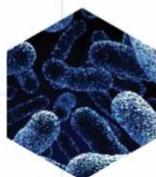
Estabelecendo-se uma morfologia para o MBI percebemos que ele se divide em três *Momentums*, o *Momentum Rep*, o *Momentum Cell* e o *Momentum Morf*; eles relacionam-se entre si e podem se alternar, mas normalmente geralmente começa um projeto pelo *Momentum Rep* seguido pelo *Momentum Morf*. O *Momentum Rep* apresenta 5 etapas, ilustradas por cores frias (tons de azul), de ideação, seleção e pesquisa, como a escolha de um artefato a ser desenvolvido; a seleção de um microrganismo; a investigação sobre esse microrganismo, e assim por diante. Posteriormente temos então a passagem de um *momentum* para o outro, onde encontramos o *momentum* necessária em todos os projetos quando ocorre a passagem de um *momentum* para o outro, que é a criação de ligações de ideias, as conexões entre os dados traçados no *Momentum Rep*. É o *Momentum Cell* que atribui forma a pesquisa, estabelecendo um tipo de envoltório que delimita o seu conteúdo. O *Momentum Cell* confere a conexão entre as ideias encontradas na pesquisa, traçando de maneira clara o bloblema e os objetivos da pesquisa, além da seleção de que caminhos prosseguir com a pesquisa e fomentar a criação de grupos interdisciplinares para a viabilização da pesquisa, permitindo ainda o intercâmbio/permeabilidade seletiva entre ideias do meio externo para o interno à pesquisa. Apesar desta forma e a delimitação, a célula e a pesquisa ainda são fluidos e podem estabelecer novas pontes e trocas com o meio extracelular, adicionando ou retirando outros fatores ou mesmo criar novas etapas. Passando-se ao *Momentum Morf*, onde já pode ser vista a estrutura da pesquisa, serão realizadas questões para a viabilização do projeto, onde outras etapas serão selecionadas, como a escolha de ferramentas e experimentos, a análise dos resultados, a discussão e análise dos problemas, caminhando para a finalização, mesmo que parcial do trabalho, propondo ainda perspectivas futuras da pesquisa e itens que podem ser desenvolvidos ainda a partir do estudo realizado.



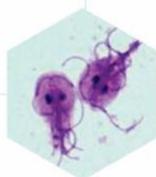
VÍRUS



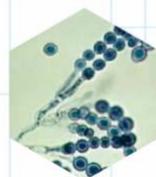
ARQUEIA



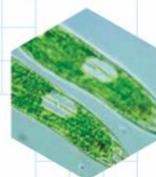
BACTÉRIA



PROTOZOÁRIO



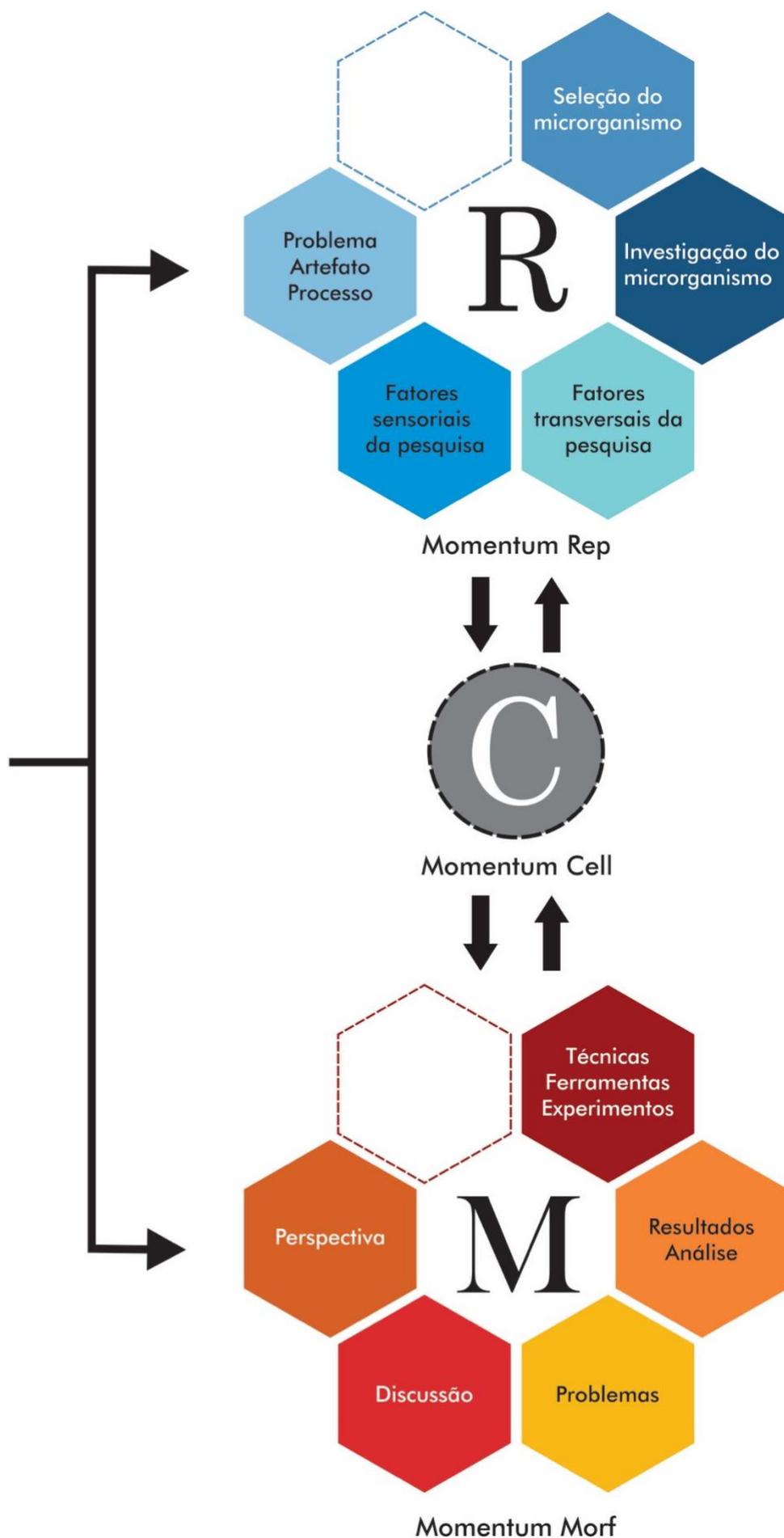
FUNGO



ALGA

MBI

Método Microbioinspirado



Momentum Rep

É o ciclo, a fase da pesquisa onde há uma maior característica de investigação, fruição, levantamentos, possibilidades, descobertas. Rep, vem da palavra representar, que quer dizer uma maneira para se conhecer ou reconhecer algo, por isso várias são as possibilidades de etapas que podem ser utilizadas inicialmente no Momentum Rep, começando a investigação por um microrganismo, o desejo de projetar um artefato, uma característica de um micróbio que sensibilize o pesquisador ou mesmo um fator social que chame a sua atenção. Cinco são as etapas presentes no Momentum Rep e a seleção, ordenação, repetição e montagem destas etapas fica a critério do pesquisador, que as costura, conecta, estabelece pontes,

criando assim tecidos vivos com as etapas. Esses muitos conhecimentos coletados ao final do Momentum Rep parecem desordenados, um material amorfo, mas que em seguida passará pelo Momentum Cell justamente para dar forma a pesquisa, onde os objetivos e o problema é de fato delineado.



Momentum Cell

O Momentum Cell é uma etapa do MBI que acontece geralmente na passagem do Momentum Rep para o Momentum Morf e vice versa. Esta etapa é necessária para que aconteça uma seleção e conexão entre os vários resultados das pesquisas realizadas em um momentum, tornando o projeto estruturado e com foco, definindo com precisão o problema de pesquisa e os objetivos.

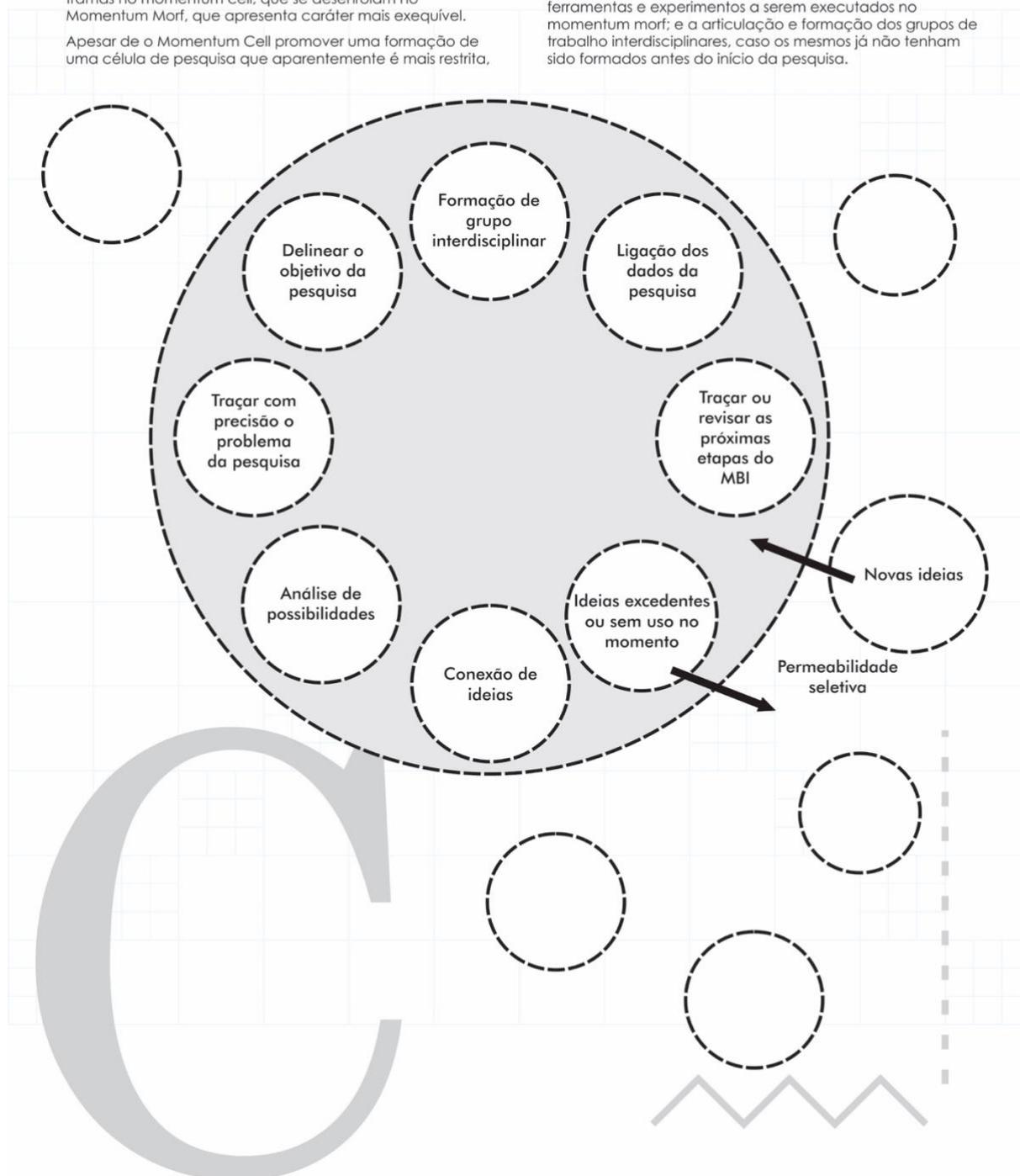
A interligação dos fios de ideias encontrados no Momentum Rep, que apresenta caráter mais investigativo, formam tramas no momentum cell, que se desenrolam no Momentum Morf, que apresenta caráter mais exequível.

Apesar de o Momentum Cell promover uma formação de uma célula de pesquisa que aparentemente é mais restrita,

ela ainda se encontra permeável a novas ideias externas e eliminação de fatores internos que não sejam mais necessários na execução do trabalho.

Um único momentum rep, pode produzir após o Momentum Cell, vários momentums morf, e vice versa.

Neste momentum serão traçadas as próximas etapas do MBI: seleção de resultados da pesquisa que formarão o recorte do problema de pesquisa; conexões de ideias e análise da possibilidade de caminhos; pesquisa de técnicas, ferramentas e experimentos a serem executados no momentum morf; e a articulação e formação dos grupos de trabalho interdisciplinares, caso os mesmos já não tenham sido formados antes do início da pesquisa.



Momentum Morf

É o ciclo do método onde o artefato definido no momentum Cell, é executado, prototipado, aprovado e discutido. Morf, vem da palavra morfologia, que quer dizer estudo da forma, mais do que isso este ciclo onde a pesquisa já apresenta uma forma, procura transformar as partes constituintes da pesquisa em um todo com significado, o artefato. O Momentum Morf também é constituído por cinco etapas, que podem ser seleccionadas e conectadas de acordo com

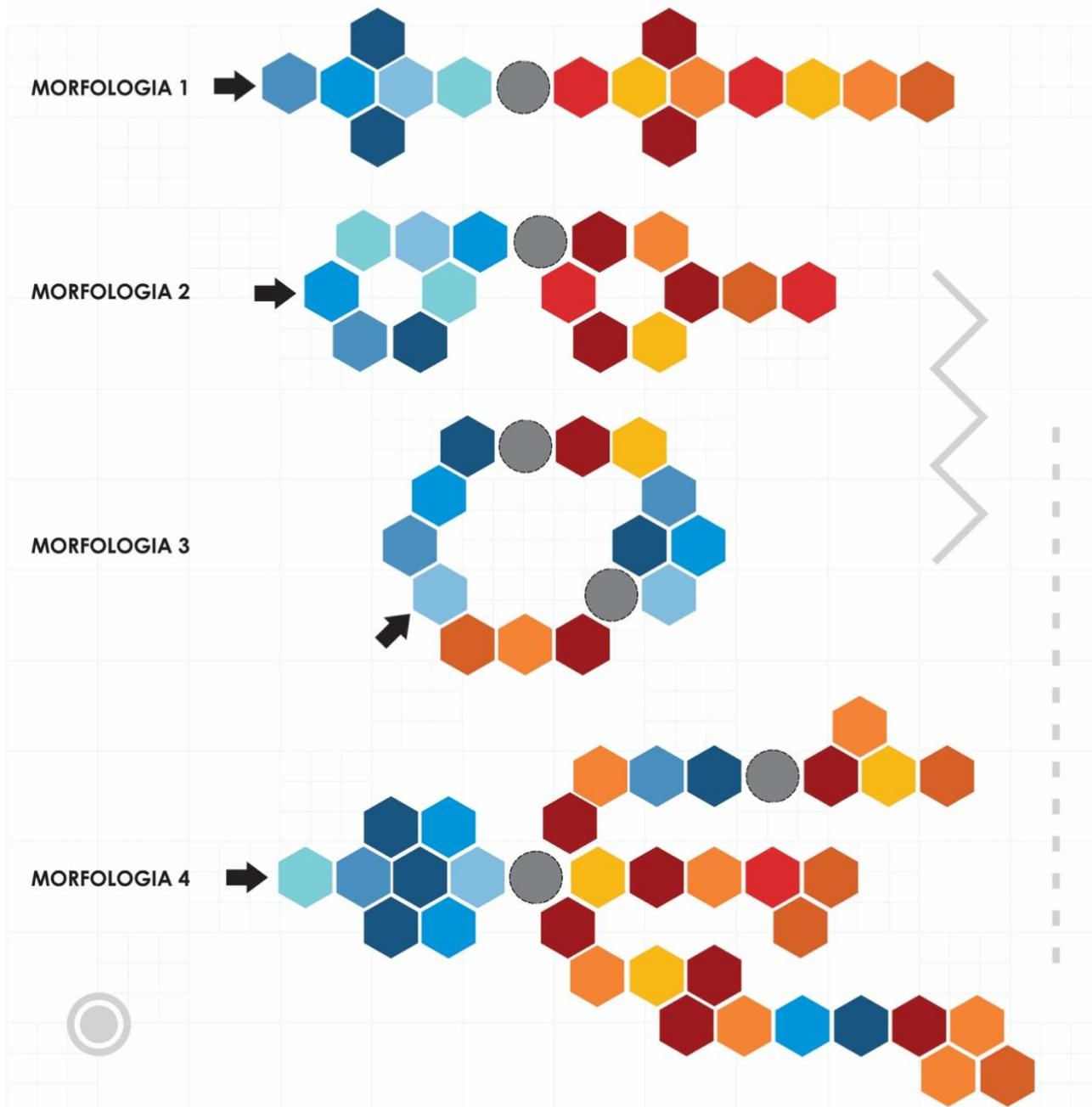
seus encadeamentos de forma alternada e não linear, de acordo com a proposta do trabalho. Um único Momentum Rep pode originar inúmeros Momentums Morf. Suas etapas estão apresentadas abaixo.



Possíveis morfologias do MBI

Abaixo vemos algumas possibilidades de encadeamento e sistematização de etapas do Método Microbioinspirado (MBI). Vale destacar a sequência das etapas, a alternância entre os *Momentums*, a ligação entre os Momentums Rep e Morf realizada pelo Momentum Cell, e as interligações formadas no MBI. Pense nas conexões criadas, na fluidez do

método, na sistematização e mantenha em mente a complexidade das pesquisas interdisciplinares. Novas etapas e novas trocas sempre são possíveis, estabelecendo outras conexões entre os meios internos e externos à pesquisa, modificando a morfologia do método.



*As cores frias (tons de azul) simbolizam as etapas do Momentum Rep, o círculo tracejado cinza o Momentum Cell e as cores quentes (tons de vermelho), o Momentum Morf.

LEGENDA:



Etapa utilizada para iniciar o MBI



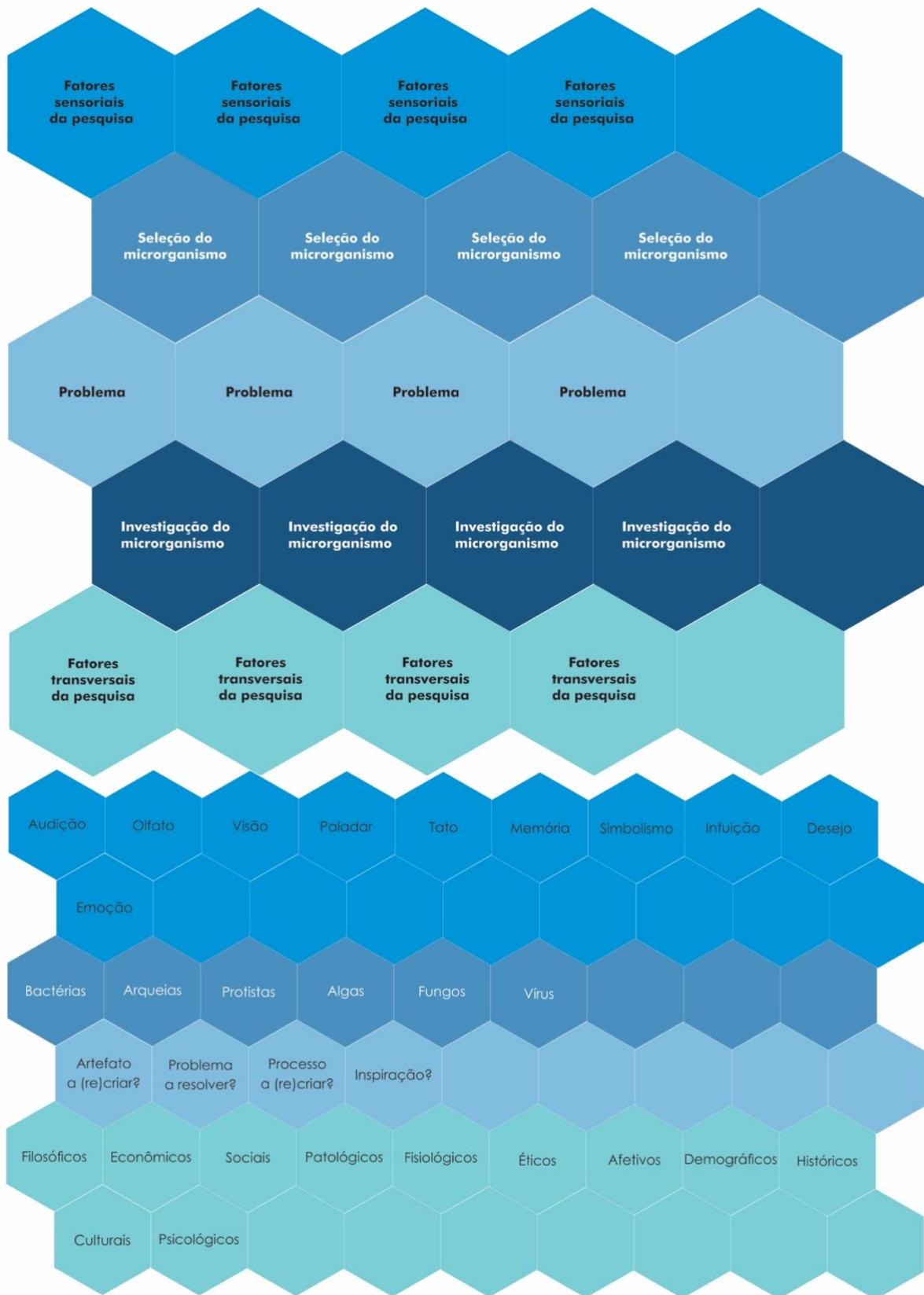
Momentum Rep



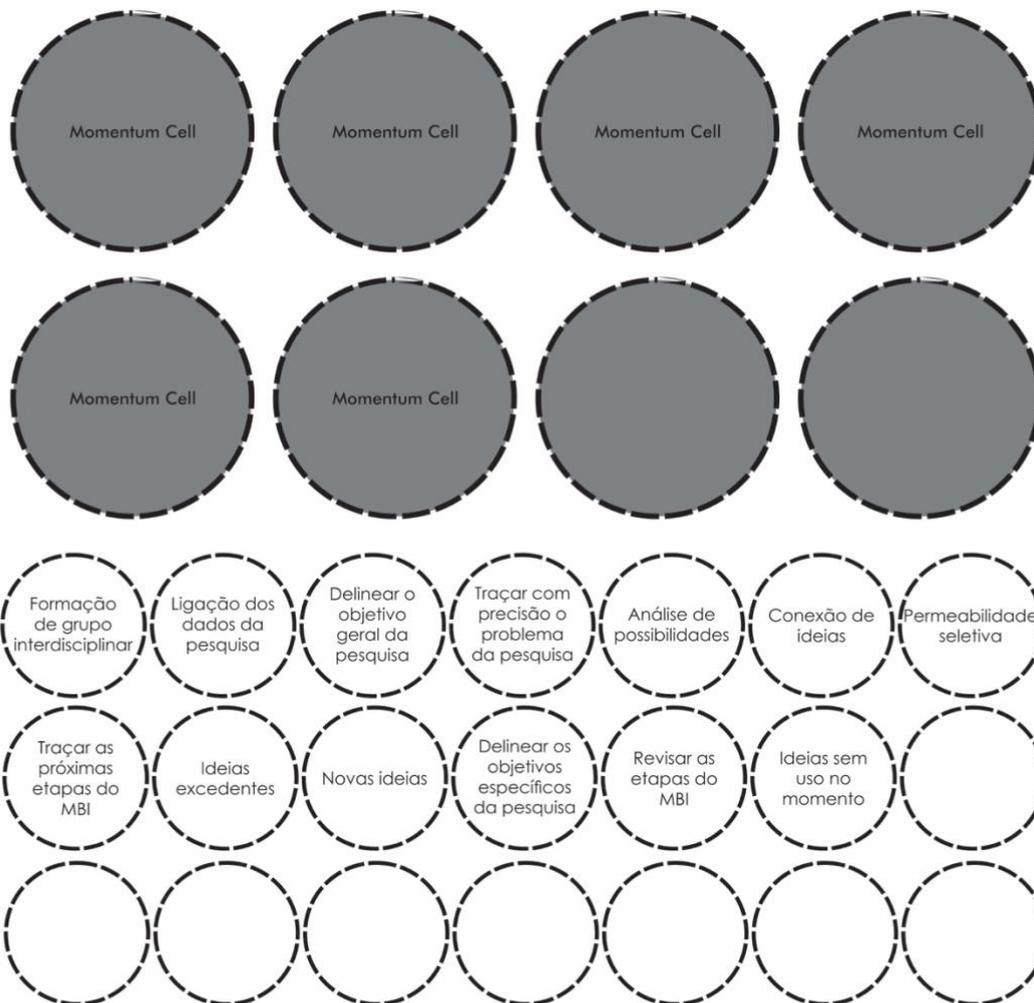
Momentum Cell



Momentum Morf

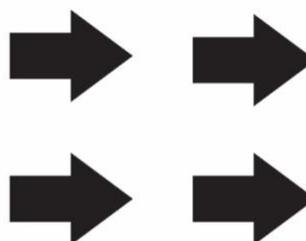






MBI

Método Microbioinspirado



ANEXO 2: RESULTADOS DOS GRUPOS FOCAIS

Grupo 1

① Problema

- Pública
- rural
- obytos
- Residência
- Acessibilidade

② Microorganismos

Bactéria Biotuminescência

③ Usuário / Formas de uso

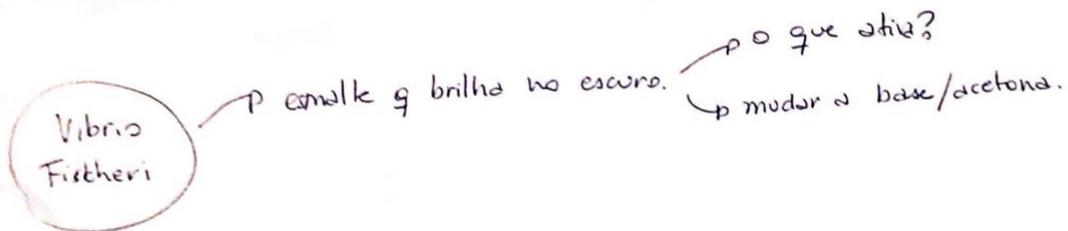
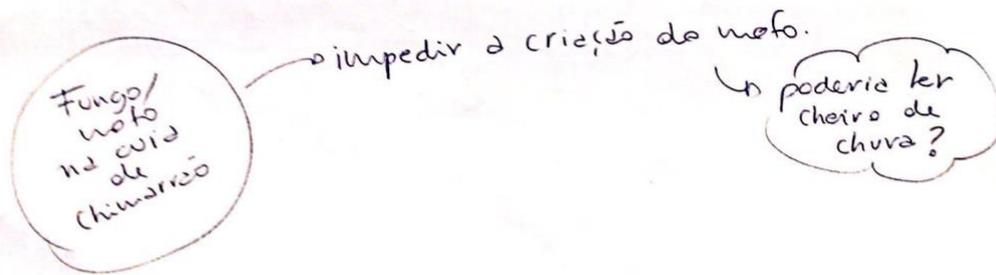
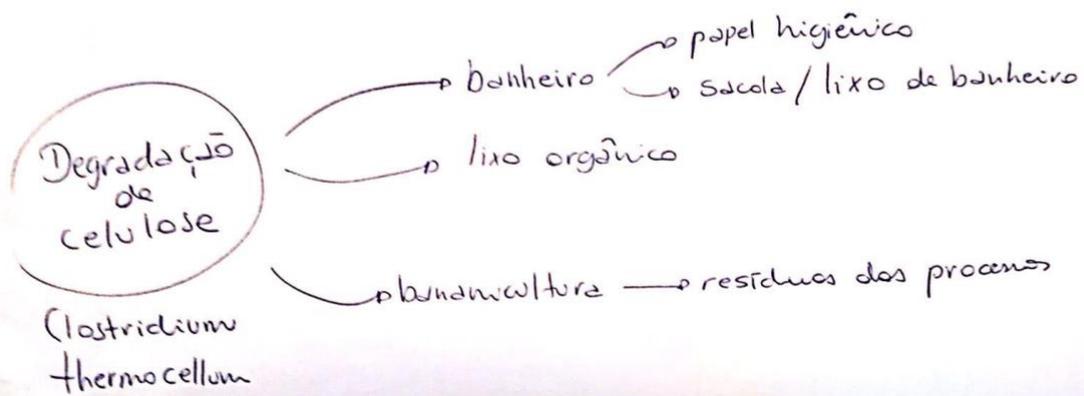
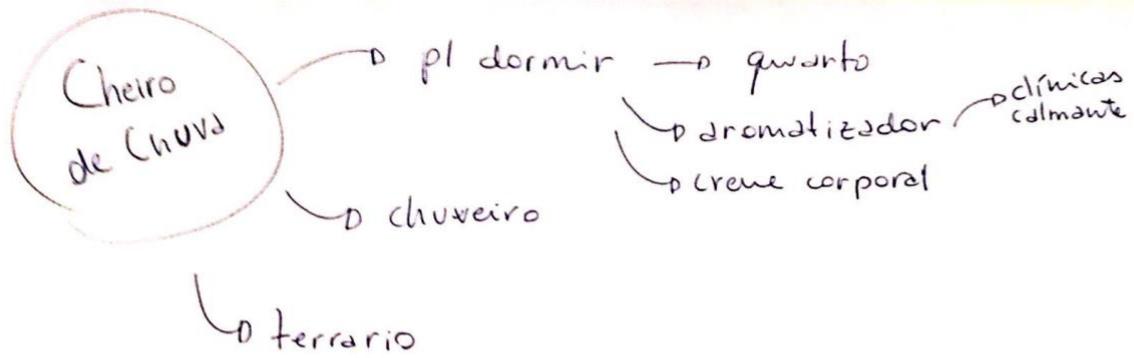
④ Projeto

Sensíveis (MP) → P → ① Fórmula de uso, ② Microorganismos

COLETE SÁLVUA-VI
DAS
PROPOSTA VERBAIS
" CUCUSTA
FAIXA REFLETIVA
ILUMINAÇÃO VIA PPM
NA PASTELA AGUA

Paulo Bergere
Anna Aguiar Cavalcanti
Márcia Barros
Dagdo Damasceno

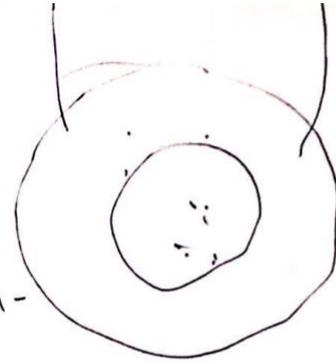
Grupo 2



Ribeiro
Rosmeri
Francete
Rodolfo

Grupo 3

Bacillus pseudofirmus
 Seleção de microorganismos
 Investigações de microorganismos



problema: a oferta de um produto durante com design moderna.

fatores sensoriais da pesquisa: toque rústico

Momentum cell: acessória que pode ser melhor conservada, a partir do uso da bactéria na matéria prima, que o ajudará a se recuperar caso haja rachaduras.

Cultivo da Rombucha

Técnica utilizada para a construção de uma base para o objeto de calcário.

Aplicação de design p/ aplicação do produto: oua e design entre os clientes.

Respectiva: introdução do bio design para prolongar o vínculo com usuário, além da questão de manutenção.



Grupo 4

- BIOPÓ MICROBIANO MULTIFUNCIONAL
- Microorganismos: ~~Gluconobacter~~ Gluconacetobacter xylinus
 - Fatores sensoriais: Toque
 - Fatores transmissais: saúde pública, entre outros
 - Investigações: produção de um pó associado a um medicamento ou nutriente, que misturado com água no momento do uso, produz um gel que libera as propriedades funcionais.
 - Investigações:
 - Avaliação e poder de hidratação
 - Tempo de ação / durabilidade
 - Eficiência na liberação das substâncias
 - Poder de absorção de poluentes
 - Problemas:
 - Efeitos colaterais na pele
 - Contaminações
 - Aumento de escala p/ produção
 - Perspectivas: isolar as propriedades funcionais p/ gerar diferentes produtos: filtro solar, medicamentos, estética, aplic. ambiental



ANEXO 3: GLOSSÁRIO

Anaeróbico: Organismo que cresce na ausência de oxigênio.

Artefato: pode ter diversos significados para diferentes áreas, mas aqui designaremos como um produto, objeto ou processo originário do trabalho humano, seja lá qual for a sua natureza.

Biofilme: comunidade de microrganismos dependente de densidade celular que se desenvolve na superfície dos meios de cultura, envolta por material aderente de natureza polissacarídica.

Bioinspiração: qualquer ideia ou artefato que tenha como inspiração algum elemento da natureza, podendo ter ou não em sua constituição final o próprio elemento orgânico.

Biologização: transformação de processos diversos sejam eles mecânicos, eletrônicos, digitais, dentre outros em processos biológicos ou relacionados e inspirados na natureza.

Cepas: cepas ou estirpes são grupos de organismos que descendem de um ancestral comum, compartilhando assim características morfológicas (forma) ou fisiológicas (funções mecânicas, físicas ou bioquímicas).

Ciborgue: qualquer organismo híbrido, que passe por um processo de alteração de suas capacidades por meio de processos tecnológicos.

Comunidade: duas ou mais populações de organismos que convivem no mesmo lugar, ao mesmo tempo.

Contagioso: que transmite algo. Sua utilização quando relacionada à biologia na contemporaneidade, tem uma associação com doenças transmissíveis, mas outros elementos abstratos podem ser contagiosos, como o sorriso, a memória, a raiva, o afeto.

DNA: polímero de desoxirribonucleotídeos unidos por ligações fosfodiéster que carregam a informação genética.

Esporo: termo genérico dado a estruturas resistentes de dormência celular, ou seja, espécies de “sementes” de procariotos e fungos que podem sobreviver muito tempo no ambiente em estado de dormência, voltando a germinar e produzir uma célula filha ao encontrar um ambiente favorável para o seu crescimento. Existem relatos de esporo com séculos de existência em ambientes áridos que voltaram a germinar quando em contato com meios de culturas favoráveis a seu desenvolvimento.

Eucarioto: célula ou organismo que apresenta núcleo envolto por membrana e que geralmente apresenta organelas.

Fagocitose: Processo no qual a partícula exógena de alimento é englobada pela membrana plasmática, sendo conduzida ao interior da célula, onde é digerida.

Fatores sensíveis: são aquelas características presentes nos microrganismos que chamam a atenção de algum de nossos sentidos, seja a visão, paladar, tato, olfato ou mesmo audição.

Fenótipo: são as características visuais aparentes dos microrganismos, como cor, forma ou motilidade (movimento).

Fitoplâncton: é formado pelas algas, cianobactérias ou arqueias que vivem em suspensão na água, mas com movimentação restrita, podendo ser fotossintetizantes. O fitoplâncton tem uma importância muito grande, gerando cerca de 70% do oxigênio da atmosfera terrestre, estando também na base da cadeia alimentar dos ecossistemas aquáticos.

Geosmina: substância química caracterizada como o cheiro de chuva que é produzida por alguns microrganismos, como as bactérias *Streptomyces coelicor*.

Hospedeiro: organismo que permite e viabiliza o crescimento de um parasita.

Infecção: invasão, crescimento e multiplicação de um organismo no interior de um hospedeiro, que reage de diversas maneiras.

Interator: usaremos a palavra interator para designar o observador ativo de um artefato, que não apenas vê, mas interage de diferentes maneiras com o artefato, dando continuidade aos processos criativos e reflexivos do autor.

Máquinas autopoietica: máquinas que continuamente produzem a si mesmas por meio da produção de seus constituintes, sob uma constante de desequilíbrio e reequilíbrio.

Meio de cultura: solução composta pelos nutrientes necessários para o crescimento e desenvolvimento dos microrganismos. Sua composição e disponibilização de substâncias são essenciais para o desenvolvimento dos microrganismos. Já os meios de cultura dos humanos, envolvem muito mais que nutrientes, mas uma complexa rede de maneiras diferentes de nutrição. Meio de cultura é uma expressão que abre precedente para pensarmos em várias analogias, afinal o meio de cultura alimenta a todos, não somente as bactérias.

Metabolismo: todas as reações de transformações de substâncias químicas que ocorrem em uma célula ou em um ser vivo, sejam elas de construção ou quebra. Muitas metáforas podem ser feitas com o metabolismo, mas sempre significando processos antagônicos de produção e destruição que ocorrem dentro de um dado organismo.

Microbiota: uma microbiota equilibrada é formada pelo conjunto de microrganismos que vivem em harmonia na superfície, no interior do nosso corpo e até no interior das células, possibilitando uma vida saudável.

Micrômetro: normalmente a unidade de medida utilizada para os microrganismos é o micrômetro (μm). $1 \text{ mm} = 1000 \mu\text{m}$.

Momentum: Apresenta dinamismo, movimento; que tem ação de uma força, um impulso. É um dos ciclos, uma macro etapa, do Método Microbioinspirado, que apresenta três Momentums, o Momentum Rep, o Momentum Cell e o Momentum Morf.

Micróbio: os termos micróbio e germe surgiram no século XIX, quando a tecnologia disponível não permitia a diferenciação dos microrganismos. São termos mais pejorativos que tem uma associação direta com doenças. O termo micróbio, no entanto, será aqui utilizado algumas vezes para substituir a palavra microrganismo para que não ocorram tantas repetições, mas sem nenhum teor pejorativo.

Microbioinspiração: qualquer ideia ou artefato que tenha como inspiração um microrganismo, podendo ter ou não em sua constituição final o próprio microrganismo.

Microbiota: conjunto de microrganismos que estão associados a diversos tecidos ou órgãos de seres vivos quando em seu estado saudável.

Mutação: alteração hereditária na sequência de bases de um gene de um organismo. A mutação pode acontecer de maneira espontânea ou induzida.

Organelas: são estruturas membranosas que apresentam funções específicas na célula.

Mitocôndrias: são organelas responsáveis pela realização da respiração celular, constituindo a principal fonte de energia nas células não fotossintetizantes; já os cloroplastos são organelas que apresentam clorofila, sendo responsáveis pela fotossíntese.

Parasita: organismo que sobrevive associado a um hospedeiro, causando-lhe malefícios diversos.

Procarioto: célula ou organismo desprovido de núcleo e de organelas membranosas.

RNA: polímero de ribonucleotídeos unidos por ligações fosfodiéster que apresenta função essencial na produção de proteínas.

Quorum sensing: é um sistema de regulação dependente da densidade populacional. É conhecido também como uma forma de comunicação química que pode acontecer dentro de uma população de microrganismos quando ela atinge alta densidade demográfica, podendo acontecer ainda entre espécies diferentes de organismos. Um exemplo do Quorum sensing pode ocorrer quando temos uma densidade populacional muito grande e os indivíduos começam a sinalizar a necessidade de se produzir algum antibiótico para a sobrevivência coletiva da espécie, evitando a proliferação de outro microrganismo no meio de cultura.

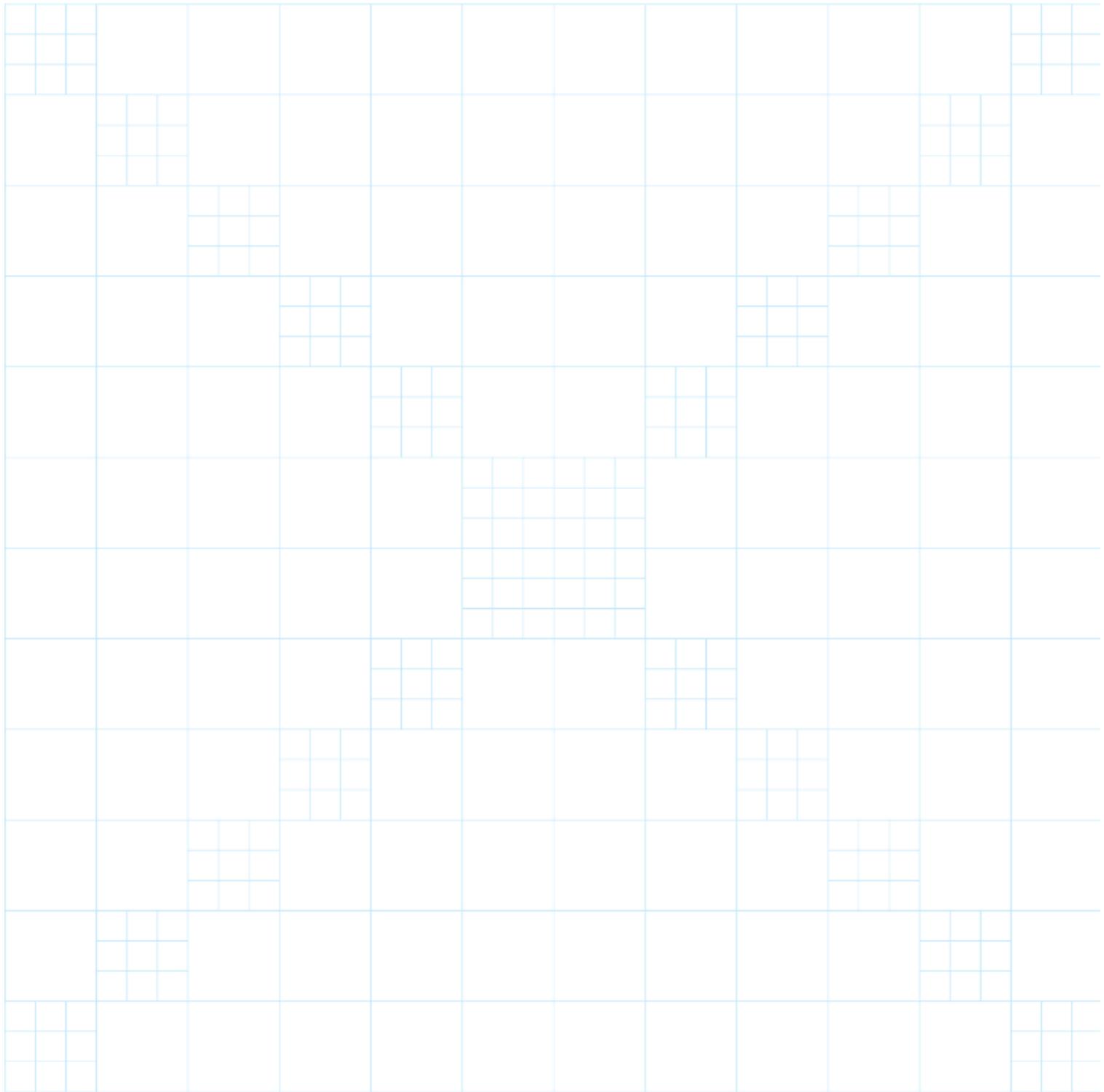
Raiz: é o órgão da planta responsável pela fixação a um substrato e pela absorção de água, nutrientes e minerais. Alguns microrganismos vivem ligados às raízes como simbioses, numa relação mutualística, onde os dois seres se beneficiam. Metaforicamente, as raízes fazem referência à origem, ao princípio, à base e também a fixação e imobilidade.

Simbiose: é uma relação entre dois organismos, que geralmente se desenvolve em longo prazo e evolutivamente, podendo ser positivas para ambos, neutras ou negativas. Metaforicamente a simbiose também pode ser desenvolvida entre seres humanos e nas suas relações cotidianas, mas de maneira leviana ou em longo prazo, dependendo das relações estabelecidas entre as partes.

Teoria da Complexidade: propõe a indissociabilidade dos fenômenos e a abordagem multidisciplinar para a construção do conhecimento.

Trato gastrointestinal: O trato gastrointestinal varia muito de estrutura nos vertebrados, mas na grande maioria a absorção dos nutrientes acontece no intestino delgado. Já a fermentação microbiana pode acontecer em estruturas como o pré-estômago, ceco ou intestino grosso.

Ubiquidade: é a faculdade de estar presente em todos os lugares. No caso dos microrganismos, é a capacidade de estar presente em muitos diferentes habitats da Terra, como acontece por exemplo com as bactérias de solo que estão presentes em quase todo o mundo. A partir do desenvolvimento das tecnologias digitais e da rede, o conceito de ubiquidade foi relativizado.



Universidade de Brasília
Instituto de Artes
Programa de Pós-graduação em Artes Visuais
Brasília 2019